

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Ambiente y Sustentabilidad

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

La variabilidad climática en la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande y su importancia para los sistemas de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Quito

Christian Andrés García Rengifo

Tutor: Sixto Andrés Durán–Ballén Ochoa

Quito, 2022



Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Christian Andrés García Rengifo, autor de la tesis intitulada “La variabilidad climática en la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande y su importancia para los sistemas de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Quito”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

6 de julio de 2022

Firma:  _____

Resumen

La cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande es una mezcla de ecosistemas andinos por estar a más de 3200 m s.n.m. y amazónicos por encontrarse dentro del bosque húmedo. Las temperaturas promedio van desde los 5 a los 17 °C, con precipitaciones promedio de 1943 mm al año, lo que tiende a modificar el caudal promedio del río entre estaciones de verano e invierno. En esta investigación se busca responder la interrogante de que si el abastecimiento de agua cruda que brinda el río Chalpi Grande a la ciudad puede perdurar a futuro y si es así como el cambio climático puede ser un factor determinante en la variabilidad hidrometeorológica de la cuenca. Se analizaron los registros históricos de datos hidrológicos y meteorológicos desde el año 1985 al 2015; y los escenarios del Quinto Informe de Evaluación del IPCC. El área de estudio se encuentra en Ecuador, en la provincia del Napo, cantón Quijos, en las parroquias de Papallacta y Cuyuja. Al analizar el medio físico y ambiental de la zona se observó que bosques y vegetación arbustiva componen el 97.57 % dentro de la cuenca; los cuerpos de agua el 1.41 % y la combinación de tierra agropecuaria y otras tierras componen el 1.02 %. Las variables ambientales que se analizaron fueron: temperatura, precipitación, humedad relativa y caudal del río. Cada una de estas variables presenta eventos considerados como extremos por sus valores máximos y mínimos en distintos años. Al analizar estas variables en torno a los escenarios del IPCC, se encontró que en cada uno de los escenarios RCP 2.6; 4.5; 6.0 y 8.5, a partir del año 2055 el caudal que inyecta el río Chalpi Grande al Sistema Integrado Papallacta será insuficiente para el abastecimiento de la ciudad de Quito. Por lo cual, la EPMAPS deberá buscar nuevas fuentes de abastecimiento para solventar la creciente demanda hídrica de la ciudad. Por todo esto, se considera necesaria la aportación de la perspectiva que tienen los pobladores de las parroquias frente a la problemática del cambio climático. Iniciando con el proceso de conflictos por los recursos entre comunidades con la capital y seguido con la percepción de la población ante el cambio climático y la posible solución de adaptación enfocada a escala local.

Palabras clave: cambio climático, escenarios, variables ambientales, agua, resiliencia

El presente trabajo lo dedico a Dios por haberme dado salud, fortaleza para continuar cuando me he desmoronado y ayudarme a culminar esta etapa en mi desarrollo profesional.

Dedico a mi abuelita Esthercita, que, aunque ya no se encuentre a mi lado su apoyo me motivo para lograr este objetivo en mi vida.

Dedico de igual manera este trabajo a mis padres Normita y Manuelito por ser las personas que me motivan a seguir adelante en los buenos y en los malos momentos y por estar siempre para mí cuando más los he necesitado.

A mi hermano Diego y su esposa, por confiar en mis capacidades para desarrollar esta investigación y permitirme compartir con ustedes mis logros y mi vida en general.

A mis amigos, que siempre estuvieron pendientes de mi en el momento del desarrollo de mi proyecto gracias por estar conmigo y su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Mi gratitud a todo el personal docente de la Universidad Andina Simón Bolívar en especial al Área Académica de Ambiente y Sustentabilidad que a través de sus enseñanzas supieron brindarme sus conocimientos, tiempo y apoyo en cada una de las etapas de la universidad.

Un profundo agradecimiento a mi director de tesis, Sixto Durán–Ballén Ochoa, Ph.D, y a la Universidad San Francisco de Quito, por aceptar la dirección de mi proyecto, por apoyarme y guiarme en el desarrollo de esta tesis, que con mucha paciencia y dedicación pudo cristalizarse en este presente proyecto.

Agradezco a la ingeniera Teresa Palacios y su estudiante, por haber contribuido con información necesaria para el desarrollo de la tesis.

Agradezco al Municipio de Quijos, INAMHI, EPMAPS, FONAG por la información y apoyo brindado en el desarrollo de este presente proyecto.

Tabla de contenidos

| | |
|---|----|
| Figuras y tablas | 13 |
| Abreviaturas | 17 |
| Introducción..... | 19 |
| Capítulo primero Sistema hídrico Chalpi Grande | 25 |
| 1. Cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande | 25 |
| 1.1 Área de estudio..... | 25 |
| 1.1.1 Análisis social | 26 |
| 1.1.2 Medio físico y ambiental | 28 |
| Capítulo segundo Cambio climático y abastecimiento de agua potable | 55 |
| 1. El Cambio Climático y los recursos hídricos..... | 55 |
| 2. Amazonia bajo escenarios del AR5..... | 57 |
| 3. La cuenca del río Chalpi Grande bajo escenarios del IPCC – AR5 | 58 |
| 3.1 Previsión a futuro de variables climáticas de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande desde 1985 al 2100. | 59 |
| 3.1.1 Temperatura media..... | 59 |
| 3.1.2 Temperatura máxima..... | 60 |
| 3.1.3 Temperatura mínima | 61 |
| 3.1.4 Precipitación acumulada..... | 63 |
| 3.1.5 Caudal..... | 64 |
| 4. Oferta y Demanda hídrica de Papallacta y Cuyuja | 66 |
| 4.1 Oferta hídrica | 66 |
| 4.2 Demanda hídrica..... | 67 |
| 5. Oferta y Demanda Distrito Metropolitano de Quito en base a la captación del río Chalpi Grande..... | 68 |
| 5.1 Oferta hídrica | 69 |
| 5.2 Demanda hídrica..... | 71 |
| Capítulo tercero Percepción y gestión para la conservación de la cuenca del río Chalpi Grande | 73 |
| 1. Antecedentes del Acoplamiento del Sistema Papallacta – Chalpi Grande a la EPMAPS | 73 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 2. | Contexto de la conflictividad Hídrica Local..... | 73 |
| 3. | Población frente a la percepción de la variabilidad hidrometeorológica..... | 74 |
| 3.1 | Encuestas por genero | 75 |
| 3.2 | Encuestas por escolaridad | 76 |
| 4. | Zonas de Protección Hídrica: Problemas y Beneficios | 78 |
| | Lista de referencias | 87 |
| | Anexos..... | 93 |
| | Anexo 1: Registro histórico de temperatura de la zona de la cuenca del río Chalpi Grande | 93 |
| | Anexo 2: Registro histórico de precipitación de la zona de la cuenca del río Chalpi Grande | 94 |
| | Anexo 3. Registro histórico de caudales del río Chalpi Grande..... | 95 |
| | Anexo 4: Diagramas de dispersión de temperatura máxima, media, mínima, precipitación acumulada y caudal con valores de R^2 y ecuaciones usadas para la proyección de datos..... | 96 |
| | Anexo 5: Proyecciones de la temperatura máxima con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C. | 98 |
| | Anexo 6: Proyecciones de la temperatura media con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C. | 99 |
| | Anexo 7: Proyecciones de la temperatura mínima con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C. | 100 |
| | Anexo 8: Proyecciones de la precipitación acumulada con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en mm. | 101 |
| | Anexo 9: Proyecciones del caudal medio del río Chalpi Grande con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C..... | 102 |
| | Anexo 10: Resultado de la encuesta a pobladores de Papallacta y Cuyuja..... | 103 |

Figuras y tablas

| | |
|--|----|
| Figura 1. Sistemas Integrados de Abastecimiento de Agua para la ciudad de Quito | 22 |
| Figura 2. Ubicación de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande desde el Ecuador continental hasta la división política del cantón Quijos..... | 25 |
| Figura 3. Población de Papallacta y Cuyuja..... | 26 |
| Figura 4. Abastecimiento de agua a viviendas de las parroquias de Papallacta y Cuyuja | 27 |
| Figura 5. Mapa de uso y cobertura de suelo de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande y estaciones hidrometeorológicas..... | 29 |
| Figura 6. Temperatura multianual en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande | 29 |
| Figura 7. Humedad relativa en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande | 30 |
| Figura 8. Valores máximos, mínimos y promedio de la precipitación en milímetros en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande..... | 32 |
| Figura 9. Precipitación del periodo de 1985 a 1994 | 32 |
| Figura 10. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación de 1986 | 34 |
| Figura 11. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación de 1994 | 34 |
| Figura 12. Precipitación del periodo de 1995 a 2004 | 35 |
| Figura 13. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación del 2003 | 37 |
| Figura 14. Precipitación del periodo del 2005 al 2015 | 37 |
| Figura 15. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación del 2009 | 39 |
| Figura 16. Precipitación media mensual de 1985 al 2015..... | 40 |
| Figura 17. Mapa del sistema hídrico de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande.. | 40 |
| Figura 18. Análisis de valores máximos, mínimos y promedios de 31 años de datos del caudal del río Chalpi Grande | 41 |
| Figura 19. Primer periodo de caudales de 1985 a 1994 | 42 |

| | |
|--|----|
| Figura 20. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de caudal de 1986 ... | 43 |
| Figura 21. Segundo periodo de caudales de 1995 al 2004 | 44 |
| Figura 22. Box plot eventos extremos en el segundo periodo de registros de caudales . | 46 |
| Figura 23. Tercer periodo de caudales de 2005 al 2015 | 47 |
| Figura 24. Box plot de eventos extremos en el tercer periodo de registros de caudales | 48 |
| Figura 25. Caudales promedios de los años de 1981 al 2015..... | 49 |
| Figura 26. Caudales mensuales promedio en periodos desde 1981 al 2015 | 49 |
| Figura 27. Correlación entre caudal y precipitación mensual de 1985 a 1994..... | 50 |
| Figura 28. Correlación entre caudal y precipitación mensual de 1995 al 2004 | 51 |
| Figura 29. Correlación entre caudal y precipitación mensual del 2005 al 2015 | 53 |
| Figura 30. Proyección de temperatura media al año 2100 bajo escenarios del AR5..... | 59 |
| Figura 31. Proyección de temperatura máxima al año 2100 bajo escenarios del AR5... | 60 |
| Figura 32. Proyección de temperatura mínima al año 2100 bajo escenarios del AR5 ... | 62 |
| Figura 33. Proyección de precipitación acumulada al año 2100 bajo escenarios del AR5 | 63 |
| Figura 34. Proyección del caudal medio del río Chalpi Grande al año 2100 bajo escenarios del AR5 | 65 |
| | |
| Tabla 1 Uso y cobertura de suelo para la superficie de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande. | 28 |
| Tabla 2 Precipitación (mm) para el primer periodo de registros de 1985 a 1994 | 33 |
| Tabla 3 Estadísticos descriptivos de precipitación del primer periodo de registros..... | 33 |
| Tabla 4 Precipitación (mm) para el segundo periodo de registros de 1995 al 2004..... | 36 |
| Tabla 5 Estadísticos descriptivos de precipitación del segundo periodo de registros | 36 |
| Tabla 6 Precipitación (mm) para el tercer periodo de registros de 2005 al 2015..... | 38 |
| Tabla 7 Estadísticos descriptivos de precipitación del tercer periodo de registros | 38 |
| Tabla 8 Caudal (m ³ /s) primer periodo de registros del río Chalpi Grande | 42 |
| Tabla 9 Estadísticos descriptivos del primer periodo de datos de caudales..... | 43 |
| Tabla 10 Caudal (m ³ /s) segundo periodo de registros del río Chalpi Grande | 45 |
| Tabla 11 Estadísticos descriptivos del segundo periodo de datos de caudales | 45 |
| Tabla 12 Caudal (m ³ /s) tercer periodo de registros del río Chalpi Grande | 47 |
| Tabla 13 Estadísticos descriptivos del tercer periodo de datos de caudales | 48 |

| | |
|---|----|
| Tabla 14 Datos de precipitación, caudal y estadísticos descriptivos del primer periodo de 1985 a 1994 | 51 |
| Tabla 15 Datos de precipitación, caudal y estadísticos descriptivos del segundo periodo de 1995 al 2004..... | 52 |
| Tabla 16 Datos de precipitación, caudal y estadísticos descriptivos del tercer periodo del 2005 al 2015 | 53 |
| Tabla 17 Anomalía de temperatura media para la región amazónica | 57 |
| Tabla 18 Anomalía de temperatura máxima para la región amazónica | 57 |
| Tabla 19 Anomalía de temperatura mínima para la región amazónica | 58 |
| Tabla 20 Cambio porcentual de la precipitación para la región amazónica..... | 58 |
| Tabla 21 Caudales de registros mensuales históricos de 1985 al 2015. Presentados en m ³ /s..... | 66 |
| Tabla 22 Oferta hídrica promedio disponible de río Chalpi Grande | 67 |
| Tabla 23 Proyección al 2100 de consumo de agua de la población de Papallacta y Cuyuja | 68 |
| Tabla 24 Proyección al 2100 de la oferta hídrica del río Chalpi Grande para el abastecimiento al Sistema Integrado Papallacta | 69 |
| Tabla 25 Oferta hídrica bajo escenarios del AR5 con proyección del 2020 al 2100..... | 70 |
| Tabla 26 Proyección de la población de Quito y consumo de agua hasta el año 2100 .. | 72 |

Abreviaturas

| | |
|--------|---|
| AR5 | Quinto Informe de Evaluación del IPCC |
| CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático |
| COP | Conferencia de las Partes |
| ENOS | El Niño Oscilación del Sur |
| EPMAPS | Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento |
| FONAG | Fondo para la Protección del Agua |
| INAMHI | Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología |
| IPCC | Panel Intergubernamental del Cambio Climático |
| MAATE | Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica |
| OMM | Organización Mundial de Meteorología |
| ONU | Organización de las Naciones Unidas |
| RCP | Vías de Concentración Representativas |
| SIP | Sistema Integrado Papallacta |
| UNEP | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente |

Introducción

El cambio climático es uno de los principales factores que afecta a la cantidad y calidad de los recursos hídricos. La fuerte incidencia en la disponibilidad de agua, afecta el estrés hídrico del sector agrícola debido a la alta tasa de producción de alimentos y se restringe su uso por su baja calidad (Bates et al. 2008, 7–11).

La biodiversidad enfocada en especies acuáticas, las cuales necesitan características favorables de calidad de agua para poder subsistir y desarrollarse (2008, 7–11).

Con el pasar de los años se han observado cambios en términos de calidad de agua en los ríos. En los últimos años se ha notado que los cuerpos hídricos tienen bajos parámetros de calidad por lo que cada vez se hace complejo la extracción y tratar el agua para uso en el consumo humano, uso en industria, limpieza, salud, entre otros (2008, 7–11).

La variabilidad climática es un factor que afecta al recurso hídrico de calidad generando desastres como desbordamiento de los cauces, olas de calor o de frío, deslaves, entre otros limitando su acceso a poblaciones vulnerables (2008, 7–11).

El recurso hídrico es esencial para el desarrollo de las diferentes actividades humanas, como es la producción de alimentos, la salud pública, el desarrollo industrial, generación de energía, entre otros (Brendel et al. 2021, 95–98). El recurso hídrico es de suma importancia para los países de la región Andina, debido a que un determinado porcentaje del suministro de agua proviene de fuentes hídricas de origen glacial (Veettil y Kamp 2021, 1580–83; Brendel et al. 2021, 92–94).

La variabilidad climática en los últimos años se ha traducida en variabilidad de los regímenes hidrológicos. Las cuencas de páramo alto andino y/o amazónicas son más vulnerables al cambio climático (Torres-Bagur y Pavón Gamero 2021, 2–4; Lavado Esteban y Marcelle São Pedro 2021, 5–8). Estos impactos se han evidenciado por Heil Costa y colaboradores (2009), quienes concluyeron que la variabilidad climática sobre el caudal de los ríos y los regímenes de las inundaciones en la cuenca del río Amazonas son producidas por la variable de precipitación, de manera que la variabilidad climática tiene cierto grado de injerencia sobre del flujo del río y en las inundaciones (Heil Costa, Coe, y Loup Guyot 2009, 549–51).

Al hablar de cambio climático y acceso de agua potable Vuille (2013, 30-33), Francou et al (2004, 48-61) y Bustos (2011, 35-43); indican que en los Andes tropicales los impactos serán percibidos directamente por alteraciones en los regímenes hidrológicos, regímenes de precipitaciones, duración de estaciones lluviosas, entre otros. Las alteraciones de los regímenes hidrológicos tienden a degradar los servicios ecosistémicos y acelerar el retroceso de los glaciares, afectando de manera directa a la calidad del agua o la estacionalidad del caudal de los ríos. Para los países andinos es un tema prioritario debido a que gran cantidad de las ciudades dependen de los glaciares para su abastecimiento de agua potable (Vuille 2013, 30-33; Francou et al. 2004, 48-61; Bustos Cadava 2011, 35-43).

En los ecosistemas andinos es donde se conservan las mayores fuentes de recursos hídricos que las personas utilizamos para cada una de nuestras actividades como son: uso doméstico, industrial, riego, generación eléctrica entre otras.

Estos ecosistemas andinos se ven constantemente amenazados por el crecimiento demográfico, ganadería extensiva, expansión de la franja agrícola. Estas actividades llegan a alterar la regulación hídrica de los páramos. Por lo que los efectos ponen en riesgo la capacidad que tienen estos ecosistemas de brindar servicios ecosistémicos, influyendo directamente en el incremento de la demanda de agua y sus usos.

Según un estudio realizado por Buytaert et al, 2016. Se estima que en Ecuador más de tres millones de personas se benefician directamente del agua proveniente de origen glaciar (Buytaert et al. 2006, 18-22).

Por lo tanto, los páramos andinos son considerados como una fuente importante de agua. Los ríos que son alimentados por los páramos se caracterizan por tener un caudal casi constante y sostenido, que se debe a la elevada capacidad de retención de agua de los suelos y la vegetación cercana (Yáñez-Moretta et al. 2011, 27-31; Valencia et al. 2014, 30-33).

Los ríos que comparten características amazónicas y de páramo son los más vulnerables por estar asociados a ecosistemas frágiles ante variaciones significativas de temperatura, precipitación, radiación, entre otras (Yáñez-Moretta et al. 2011, 27-31; Herzog et al. 2011, 1-12).

Los suministros de agua potable en países andinos dependen de los glaciares para su abastecimiento, siendo Quito la ciudad con menor suministro de agua potable de origen glaciar con el 5 %. Sin embargo, otras ciudades de la comunidad andina, depende de estas

fuentes para su abastecimiento como La Paz en Bolivia con el 61 % de agua de origen glaciar; y el 67 % en la ciudad de Huaraz en Perú (Francou et al. 2004, 60–75).

Se evidenció que un año de sequía muy larga obtuvo una contribución máxima mensual de origen glaciar de aproximadamente el 15 % para Quito, el 85 % en La Paz y el 91 % en Huaraz. La variabilidad climática tiene una gran repercusión en regímenes hidrológicos y de precipitaciones que abastecen a las ciudades de los países andinos. En la cual, gran parte de estos ríos al estar ubicados en ecosistemas de páramo cualquier perturbación o desequilibrio puede resultar fatal para el ecosistema. Esto conlleva a una degradación en la calidad de agua y peligro para las personas a quienes están dirigidas el agua (Hoffmann 2008, 78–81; Lizarzaburu, Diehl, y Deza 2016, 7–10; Calispa Aguilar 2010, 35–44; Schoolmeester et al. 2018, 30–33).

Al hablar de cambio climático en Ecuador estos efectos son visibles, tanto a pequeña como a gran escala. Este país, uno de los más megadiversos que existen en el mundo es necesario que cuente condiciones de adaptación o mitigación para los recursos hídricos (Calderón 2016, 10–16; Ontaneda 2020, 25–27).

Los últimos años ha incrementado la evidencia de la vulnerabilidad del Ecuador bajo cualquier patrón de afección climática. Esto se debe a que su economía y fuerza laboral dependen de actividades que son sensibles al clima. Como es la agricultura, la pesca y el uso de recursos naturales. (Segura et al. 2016, 2–4).

En Ecuador el agua de origen glacial supone una contribución significativa de agua cruda para el abastecimiento de agua potable a la ciudadanía. En la ciudad de Quito se ha determinado un pequeño porcentaje de agua potable provienen de cuencas hidrográficas que son originadas en glaciares, como son: las cuencas que derivan del nevado Antisana (Sarpache, Moyas y Alambrado). Estas cuencas por parte de diversas instituciones tanto públicas como privadas han creado la necesidad de proteger los sistemas hídricos y de igual manera los sistemas de abastecimiento para garantizar el acceso a agua potable a donde está destinada (Schoolmeester et al. 2018, 30–37; Calispa Aguilar 2010, 12–14).

Tal como se evidencia en la figura 1, la ciudad de Quito cuenta con cuatro sistemas integrales para el abastecimiento de agua potable, que son:

- Sistema Papallacta integrado,
- Sistema la Mica – Quito Sur
- Sistema de conducciones occidentales

- Sistema de conducciones orientales

El sistema Papallacta tiene su fuente de abastecimiento en el río Chalpi Grande y el río Papallacta los cuales proveen 3 m³/s que abastece fundamentalmente a la planta de tratamiento de Bellavista y esta suministra el agua a la zona norte de la ciudad (EPMAPS-Q 2015, 1–37, 2017, 1–6).

El sistema La Mica-Quito Sur, tiene una capacidad de 1.7 m³/s, su planta asociada es la Planta de Tratamiento del Troje y esta abastece a la zona sur de la ciudad de Quito (desde la avenida Moran Valverde hasta el extremo sur cantonal) y se encuentra conectado con el sistema integrado Pita (EPMAPS-Q 2015, 1–37, 2017, 1–6).

El sistema integrado Pita, capta agua del río Pita y entrega el agua hacia la planta de tratamiento de agua de Puengasí, adicionalmente a la planta de Conocoto y a la planta El Placer. Este sistema de igual manera recibe el agua del sistema La Mica-Quito Sur y abastece a la zona centro – sur de la capital (EPMAPS-Q 2015, 1–37, 2017, 1–6).

El sistema de conducciones occidentales, tiene varias fuentes ubicadas en los sistemas Atacazo, Lloa y Pichincha, las cuales abastecen a las plantas de tratamiento El Placer, Toctiuco y Chilibulo y a otros tanques los cuales distribuyen el agua a la zona centro de la ciudad (EPMAPS-Q 2015, 1–37, 2017, 1–6).

El sistema de conducciones orientales, capta agua en las zonas de Mindo, Pican, Santa Ana y entrega agua al sector noroccidental de la ciudad de Quito. Con estos cuatro sistemas principales la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito abastece a toda la población de la ciudad de Quito (EPMAPS-Q 2015, 1–37, 2017, 1–6).

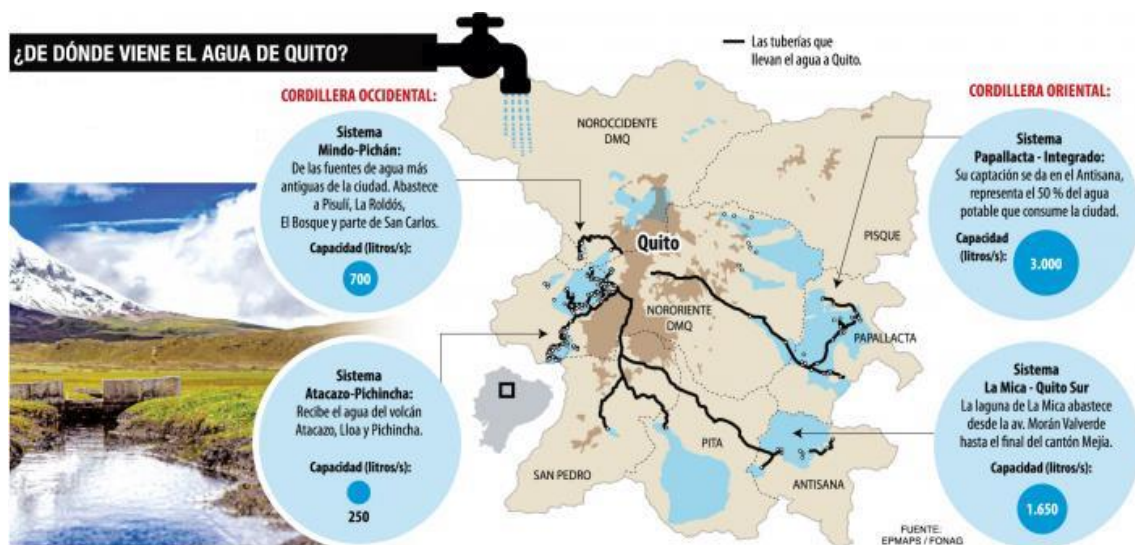


Figura 1. Sistemas Integrados de Abastecimiento de Agua para la ciudad de Quito
Fuente y elaboración: EPMAPS – FONAG

Según Ontaneda, 2020. De acuerdo con un análisis en la precipitación en la hoya de Quito, concluye que existe un patrón de precipitaciones estacionales ya que los meses de abril y octubre se exhibe una mayor lluvia (60 y 160 mm por mes) y en los meses de junio y agosto registros mínimos de la misma (7 mm al mes), lo que influye directamente en la cantidad de agua captada por las fuentes aledañas del Distrito Metropolitano de Quito (Ontaneda 2020, 45–46).

Esta investigación se centra en la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande perteneciente al Sistema Papallacta Integrado. Al ser el límite geográfico entre las parroquias de Papallacta y Cuyuja en la provincia del Napo. Estas parroquias al interactuar directamente con la ciudad de Quito bajo la empresa pública metropolitana de agua potable y saneamiento (EPMAPS) por el recurso hídrico para el abastecimiento de agua cruda para la ciudad.

La problemática de la investigación bajo el antecedente presentado entre las parroquias con la ciudad de Quito por el recurso hídrico es: saber si se podrá mantener el agua cruda que brinda la cuenca del río Chalpi Grande a la ciudad a lo largo del tiempo. Además, con el problema actual del cambio climático el recurso hídrico podría verse afectado a futuro para el abastecimiento programado. También en esta investigación se busca conocer la percepción que tiene la población frente al cambio climático y como este problema puede afectarles, además del conflicto generado por el acaparamiento del agua bajo concesiones afectando de esta manera a las comunidades.

El objetivo general de esta investigación es caracterizar la variabilidad hidrometeorológica en la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande a través de registros históricos desde 1985 al 2015 para con ello elaborar proyecciones bajo los escenarios del IPCC al 2100 y demostrar la importancia del recurso hídrico y el cambio climático bajo la percepción de los comuneros.

Los objetivos específicos enmarcados en cada capítulo de la presente investigación fueron: Caracterizar la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande en el ámbito social y medio ambiental a través de registros históricos de temperatura, precipitación y caudal desde 1985 al 2100 para el establecimiento de una línea base en torno al recurso hídrico.

El objetivo específico del segundo capítulo es determinar la variabilidad hidrometeorológica esperada hasta el año 2100 en base a los escenarios del quinto informe de evaluación del IPCC y proyecciones realizadas para el país en concreto para la

amazonia y así de esta manera para determinar la influencia del cambio climático a futuro sobre el abastecimiento de agua cruda que brinda el río Chalpi Grande para la ciudad de Quito.

El objetivo del tercer capítulo es denotar el conflicto existente entre las comunidades de Papallacta y Cuyuja con respecto a la ciudad de Quito por el acaparamiento de recursos hídricos, a través de encuestas realizadas a las comunidades para evidenciar la percepción que tiene la población frente al cambio climático y presentar una posible solución de adaptación.

Capítulo primero

Sistema hídrico Chalpi Grande

1. Cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande

1.1 Área de estudio

La cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande se encuentra ubicada en el Ecuador en la provincia del Napo, en el cantón Quijos entre las parroquias de Papallacta y Cuyuja. El área de la cuenca del río Chalpi Grande es de aproximadamente 102,6 km². Esta cuenca está conformada por las siguientes subcuencas:

- Chalpi A
- Chalpi B
- Chalpi C
- Río Encantado

Estas vertientes están ubicadas a una altura de 3830 m s.n.m. y aportan al caudal del río Chalpi Grande.

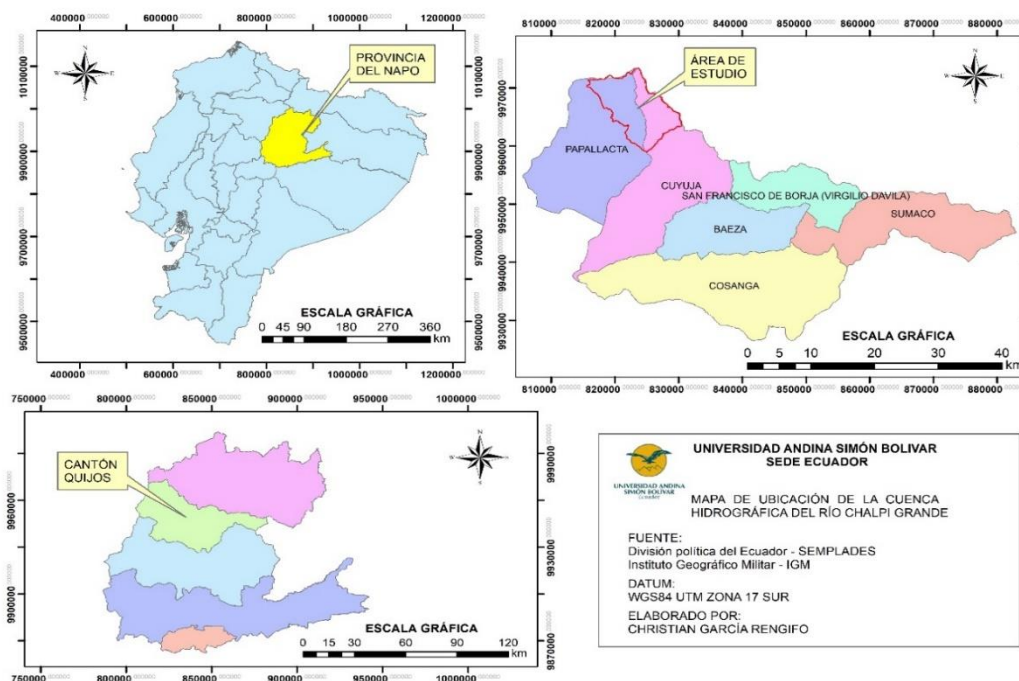


Figura 2. Ubicación de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande desde el Ecuador continental hasta la división política del cantón Quijos

Fuente: SEMPLADES– IGM

Elaboración propia

1.1.1 Análisis social

Al ser el río el límite geográfico de dos parroquias del cantón Quijos: Papallacta y Cuyuja, se ha considerado diferentes perspectivas de análisis en ámbito social que ayuda a caracterizar el medio social de las dos parroquias que intersecan con la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande.

1.1.1.1 Demografía

La demografía de las parroquias de Papallacta y Cuyuja se ha observado en base a los censos de INEC de los años 1982, 1990, 2001 y 2010 respectivamente. Para Papallacta en el año 1982 existía un total de 262 hombres y 172 mujeres con un total de 434 personas habitando la parroquia; mientras que para el 2010 existía un total de 492 hombres y 428 mujeres con un total de 920 personas habitando Papallacta.

En Cuyuja se determinó que para 1982 el total de habitantes era de 382 personas; 225 hombres y 157 mujeres y para el 2010 el total de habitantes fue de 614 personas siendo 315 hombres y 299 mujeres (INEC 2010; Quintana 2020, 43–47).

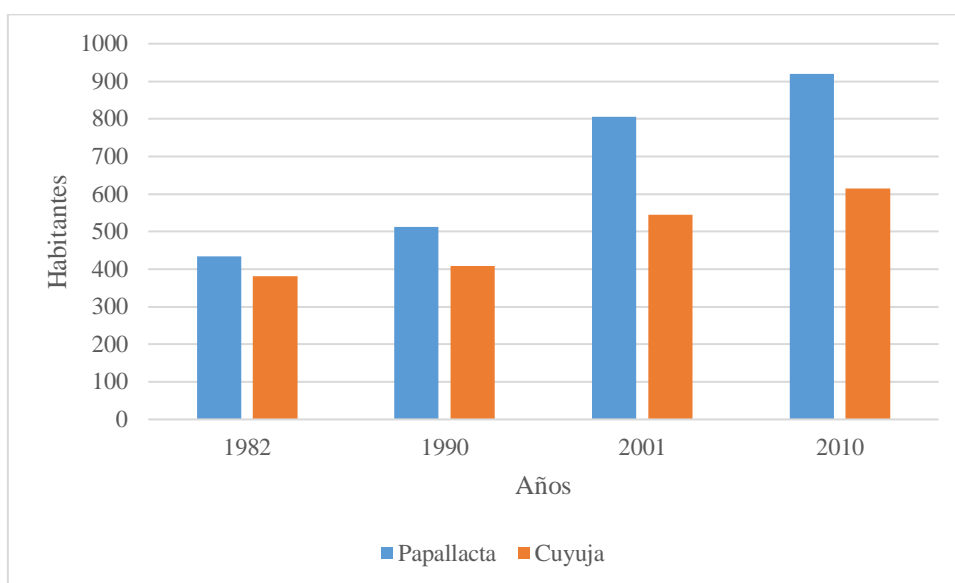


Figura 3. Población de Papallacta y Cuyuja
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Figura 3, con el transcurso de los años la población en cada una de las parroquias ha aumentado dando la perspectiva que, para la actualidad el número de habitantes se ha duplicado desde la década de 1980. Además, el crecimiento poblacional de Papallacta ha sido más notorio que el de Cuyuja. Esto es debido a que

Papallacta es un destino turístico, donde gran variedad de personas se han asentado en esta parroquia para establecer distintos negocios.

1.1.1.2 Abastecimiento de agua

De acuerdo con los censos se ha determinado que el abastecimiento de agua potable para estas parroquias es de tipo:

- Abastecimiento de agua mediante red pública de agua potable
- Extracción de agua de pozo
- Agua obtenida por medio del río o canales
- Carros repartidores de agua
- Agua proveniente de lluvia (INEC 2010; Quintana 2020, 28–31; Muñoz 2018, 12–18).

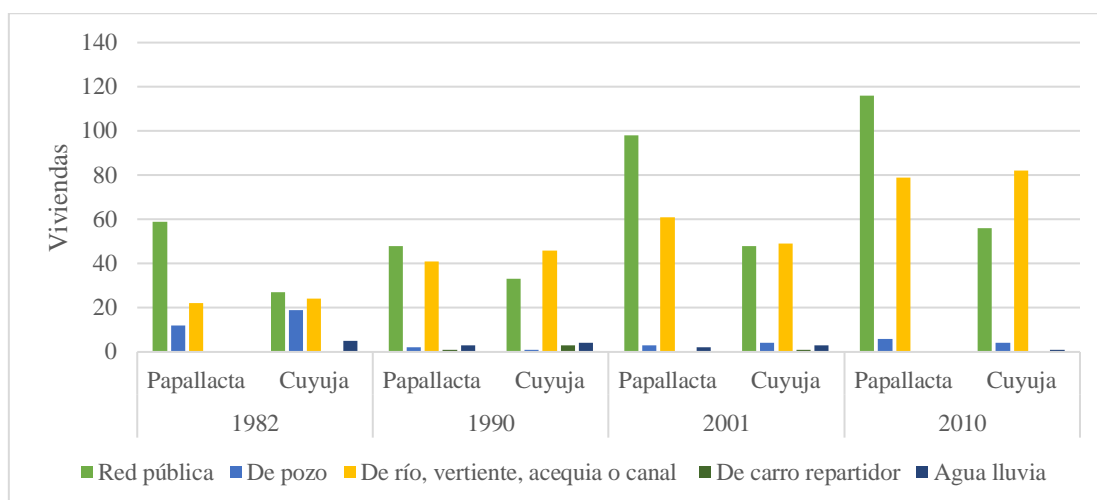


Figura 4. Abastecimiento de agua a viviendas de las parroquias de Papallacta y Cuyuja
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010
Elaboración propia

Existe en el territorio una mala distribución del recurso hídrico por el simple hecho de que el agua se encuentra distribuyéndose para la capital del Ecuador, mientras que viviendas de las dos parroquias que comparten en río importante para el abastecimiento de agua carecen de este servicio y buscan diferentes formas de abastecimiento que llegan hasta ser insalubres para el consumo humano.

Con el transcurso de los años el abastecimiento mediante la red pública se ha fortalecido. Sin embargo, hasta el último censo realizado en el 2010, aún existe gran parte de la población que dependen de los ríos, vertientes, acequias, canales, entre otros; para abastecerse de agua y poder solventar las necesidades diarias (Muñoz 2018, 20–24).

El acceso a las fuentes de agua de buena calidad con el transcurso del tiempo ha ido empeorando. Hace 30 años, la población podía acceder al recurso hídrico con mucha más facilidad y con ello poder solventar sus necesidades. Hoy en día la calidad de agua se ve afectada por varias actividades económicas, como es la agricultura y ganadería por acaparamiento de agua, además del sobre crecimiento de la sociedad que día a día va requiriendo más recursos, donde la materia prima para la población es el agua (Muñoz 2018, 20–24; Hermosa et al. 2010, 3–6).

1.1.2 Medio físico y ambiental

1.1.2.1 Uso y cobertura de suelo

La cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande al estar ubicada en una provincia del oriente ecuatoriano, posee 85,450 % de vegetación arbustiva y apenas el 1,41 % específicamente de cuerpos de agua, uso de suelo agropecuario y otras tierras suman un total de 2.194 km² del total de la cuenca del río Chalpi Grande (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica 2018).

Tabla 1
Uso y cobertura de suelo para la superficie de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande.

| Uso y cobertura de suelo | Área | Porcentaje |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|
| Cuerpo de agua | 1.450 km ² | 1.41 % |
| Bosque | 12.433 km ² | 12.12 % |
| Tierra agropecuaria | 0.984 km ² | 0.96 % |
| Vegetación arbustiva | 87.672 km ² | 85.45 % |
| Otras tierras | 0.06 km ² | 0.06 % |
| TOTAL | 102.6 km² | 100 % |

Fuente: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
Elaboración propia

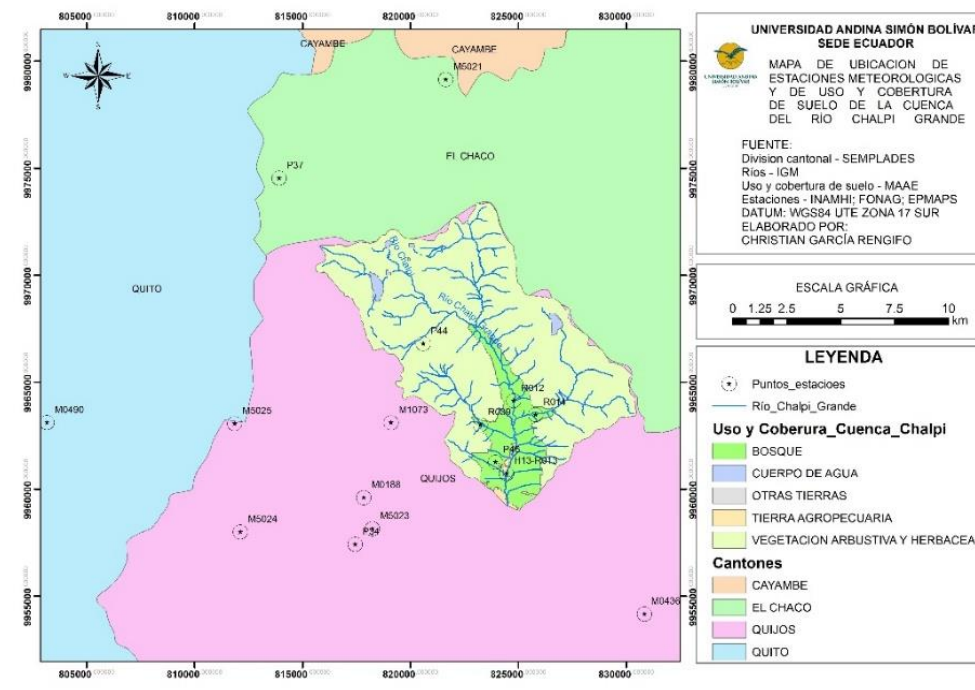


Figura 5. Mapa de uso y cobertura de suelo de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande y estaciones hidrometeorológicas.

Fuente: Semplades – IGM – MAAE

Elaboración propia

1.1.2.2 Temperatura

En la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande para los 30 años de estudio (1985-2015) se tiene un total de 13 estaciones las cuales pertenecen a diversas entidades como es el INAMHI, EPMAPS, FONAG. Estas estaciones nos permitieron determinar la variabilidad existente en la temperatura en la zona de la cuenca hidrográfica (INAMHI 2021; FONAG y EPMAPS-Q 2020; Quintana 2020, 51–52).

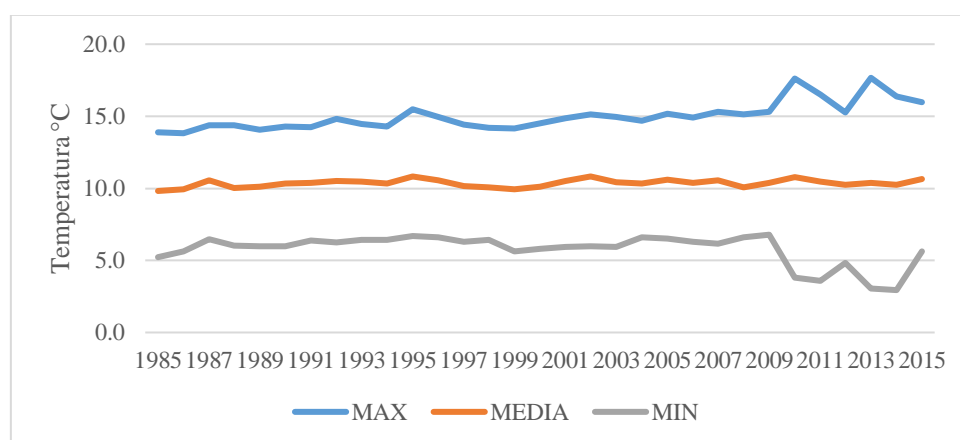


Figura 6. Temperatura multianual en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande
Fuente: INHAMI – Estación M0188 – Quintana 2020

Elaboración propia

La temperatura promedio anual en la zona es de 10.2 °C, la cual se ha mantenido con pequeñas oscilaciones dentro de los 30 años de registros. Mientras tanto la temperatura máxima y mínima registrada desde el 2010 se ha notado un incremento y descenso sustancial llegando a los 18 °C y a los 2°C respectivamente debido a un verano intenso e invierno con abundancia de precipitaciones generando estos datos (INAMHI 2021; FONAG y EPMAPS-Q 2020; Quintana 2020, 51–52).

1.1.2.3 Humedad relativa

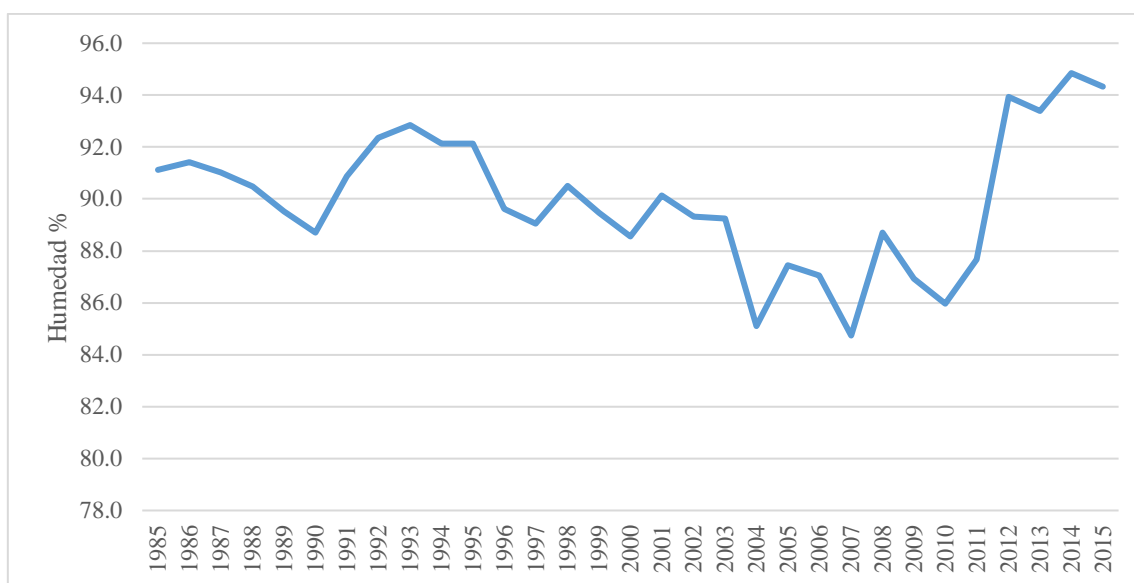


Figura 7. Humedad relativa en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande
Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490 – Quintana, 2020
Elaboración propia

El porcentaje de humedad relativa media para el territorio de la cuenca hidrográfica ha mostrado cambios notorios en el transcurso de los años. El 2014 el año presentó el mayor porcentaje de humedad con un 94,8 % y el año con menor porcentaje de humedad fue el 2007 con 84,7 % de humedad. Es necesario destacar que la humedad relativa dentro de la zona al ser un ecosistema mixto, es decir, que combina características de paramo como también amazónico, la humedad se va a encontrar en valores altos.

1.1.2.4 Precipitación

La cuenca hidrográfica del río Chalpi está ubicada en una provincia del oriente ecuatoriano cercana al Parque Nacional Antisana, por lo que comparten características de un ecosistema andino amazónico. Esto conlleva a que en la zona exista gran cantidad de lluvia las cuales se incorporan a los regímenes hidrológicos de la cuenca, que son

aprovechadas por la población, entre otros usos que se le pueda dar al agua de lluvia (INAMHI 2021; FONAG y EPMAPS-Q 2020; Quintana 2020, 61–63; Muñoz 2018, 40–43).

1.1.2.4.1 Precipitación interanual

Para el desarrollo de la caracterización de precipitaciones se optó por establecer valores de precipitación por periodos de diez años, debido a la variabilidad climática global la cual se encuentra fuertemente controlada por la ocurrencia del fenómeno del niño o también conocida como Oscilación del Sur (INAMHI 2021; FONAG y EPMAPS-Q 2020; Quintana 2020, 65–69).

El ENOS posee una variabilidad estacional, debido a que inicia durante la primavera del hemisferio norte entre marzo y mayo, y alcanza su máximo desarrollo durante la navidad; por eso recibe el nombre de “El Niño” (Proaño 2017, 33–35).

Los registros obtenidos se analizaron en el periodo de tiempo mencionado debido a que el ENSO posee un componente cuasi-bienal con un tiempo de recurrencia de 2 a 2.5 años. De igual manera, el ENSO se produce con una baja frecuencia de ocurrencia que va de 4 a 5 años (Tiscornia, Cal, y Giménez 2016, 67–69; Aliaga et al. 2016, 132–41; Rusticucci y Barrucand 2002, 6–13).

De esta manera más apreciable los cambios en la precipitación en la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande a una escala donde los cambios pueden ser observados y comparados. Al agrupar los registros de precipitación en periodos de 10 años frente a cortos periodos de tiempo nos permite la comparación y la determinación de ocurrencia de eventos atípicos entre la variabilidad existente interanualmente y de la misma manera en periodos de tiempo (Amador y Alfaro 2009, 40–42).D

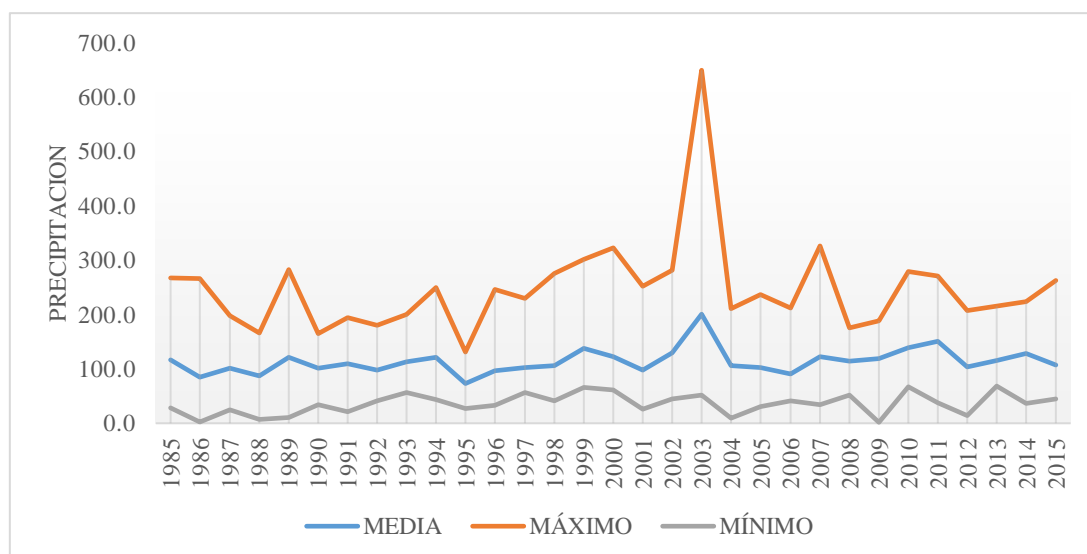


Figura 8. Valores máximos, mínimos y promedio de la precipitación en milímetros en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande.

Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490 – Quintana, 2020

Elaboración propia

1.1.2.4.2 Primer periodo 1985 a 1994

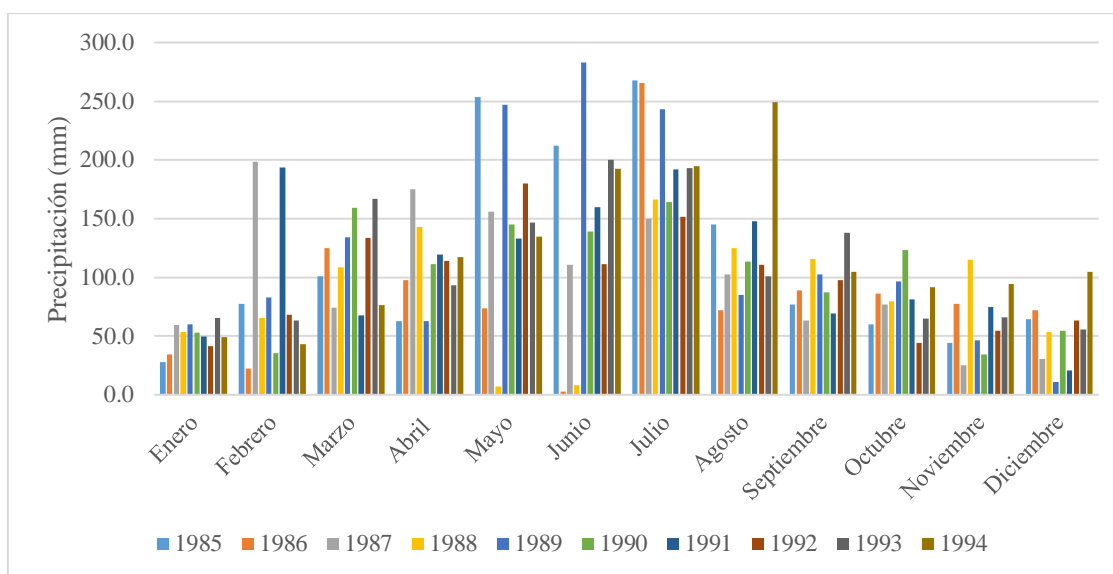


Figura 9. Precipitación del periodo de 1985 a 1994

Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490 – Quintana, 2020

Elaboración propia

Para el primer periodo de análisis de registros de precipitación se puede observar que entre los meses de mayo, junio y julio son los que presentan valores más elevados por encima del promedio. De la misma manera los meses de enero y diciembre son los que menor cantidad de precipitación presentan en este primer periodo de diez años.

Tabla 2
Precipitación (mm) para el primer periodo de registros de 1985 a 1994

| | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Enero | 27.7 | 34.3 | 59.4 | 53.2 | 60 | 53.1 | 49.9 | 41.2 | 65.3 | 48.9 |
| Febrero | 77.4 | 22.3 | 198 | 65.7 | 82.7 | 35.4 | 194 | 68.1 | 63.3 | 43.3 |
| Marzo | 101 | 125 | 74.1 | 109 | 134 | 159 | 67.4 | 134 | 167 | 76.2 |
| Abril | 62.7 | 97.4 | 175 | 143 | 62.5 | 111 | 119 | 114 | 93 | 117 |
| Mayo | 253 | 73.7 | 156 | 7.2 | 247 | 145 | 133 | 180 | 147 | 135 |
| Junio | 212 | 2.8 | 111 | 8.1 | 283 | 139 | 160 | 112 | 200 | 193 |
| Julio | 268 | 265 | 150 | 167 | 243 | 164 | 192 | 152 | 193 | 195 |
| Agosto | 145 | 71.8 | 103 | 125 | 84.9 | 113 | 148 | 111 | 101 | 249 |
| Septiembre | 76.8 | 88.9 | 63 | 116 | 103 | 87.5 | 69.1 | 97.6 | 138 | 105 |
| Octubre | 60.1 | 85.9 | 76.8 | 79.5 | 96.3 | 123 | 81.1 | 44.4 | 64.9 | 91.8 |
| Noviembre | 44.2 | 77.2 | 25 | 115 | 46.3 | 34.6 | 74.7 | 54.3 | 65.9 | 94.6 |
| Diciembre | 64.5 | 72 | 30.6 | 53.5 | 11 | 54.7 | 20.8 | 63.5 | 55.9 | 105 |

Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490– Quintana, 2020
Elaboración propia

Tabla 3
Estadísticos descriptivos de precipitación del primer periodo de registros

| | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Mínimo | 27.7 | 2.8 | 25 | 7.2 | 11 | 34.6 | 20.8 | 41.2 | 55.9 | 43.3 |
| Máximo | 267.5 | 265.4 | 198.3 | 166.5 | 282.9 | 164.4 | 193.7 | 180.2 | 199.9 | 249.3 |
| Rango | 239.8 | 262.6 | 173.3 | 159.3 | 271.9 | 129.8 | 172.9 | 139 | 144 | 206 |
| Mediana | 77.1 | 75.45 | 89.65 | 94 | 90.6 | 112.15 | 100.3 | 104.05 | 96.875 | 104.65 |
| 3° Cuartil | 161.78 | 91.025 | 151.28 | 117.9 | 161.45 | 140.64 | 150.9 | 119.08 | 151.93 | 149.15 |
| Media | 116.04 | 84.7 | 101.75 | 86.68 | 121.11 | 101.7 | 109.1 | 97.585 | 112.85 | 121.04 |
| Varianza | 6393.8 | 4006.6 | 2969.2 | 2356 | 7140.8 | 2070.7 | 2954 | 1801.7 | 2646.3 | 3545.8 |
| Desviación típica | 79.961 | 63.298 | 54.491 | 48.54 | 84.503 | 45.505 | 54.35 | 42.447 | 51.442 | 59.547 |
| Asimetría | 0.869 | 1.656 | 0.298 | -0.2 | 0.792 | -0.207 | 0.149 | 0.331 | 0.462 | 0.746 |
| Curtosis | -0.788 | 2.894 | -1.145 | -0.98 | -0.768 | -1.405 | -1.2 | -0.926 | -1.319 | -0.38 |

Elaboración propia

Los estadísticos descriptivos para los primeros diez años de registros indican que la precipitación se ha mantenido variando con el pasar de los años ya que no se ha producido un evento como el de 1986 con un valor mínimo de precipitación de 2,8 mm. De la misma manera, exceptuando el año de 1986, 1988 y 1992 la media se ha encontrado por encima de los 100 mm de precipitación. Al tener valores elevados de varianza y desviación típica podemos concluir que se ha encontrado variabilidad en la serie de registros respecto a la media obtenida. Los registros que se obtienen tienden a seguir la normalidad según la curtosis y asimetría, pero no obstante se presenta el año de 1986 y

1994 mostrando valores considerados como atípicos debido a la ocurrencia de eventos extremos en esos años, como se puede apreciar en la siguiente figura.

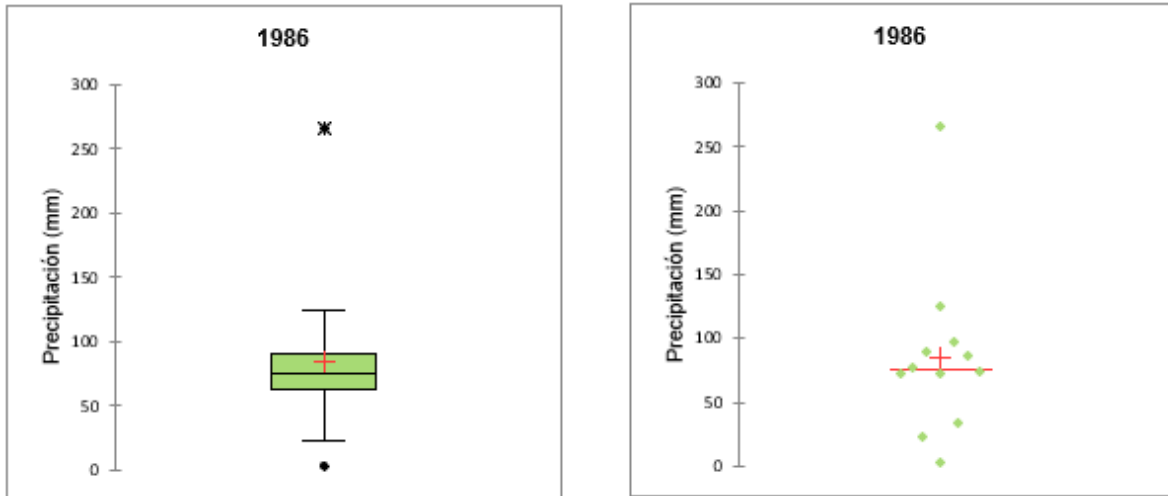


Figura 10. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación de 1986
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 10 los datos se encuentran agrupados desde los 22.3 mm hasta los 124.7 mm de precipitación para el año de 1986. Si embargo resaltan dos valores considerados máximos y mínimos de 2.8 mm y 256.4 mm respectivamente considerados como eventos extremos.

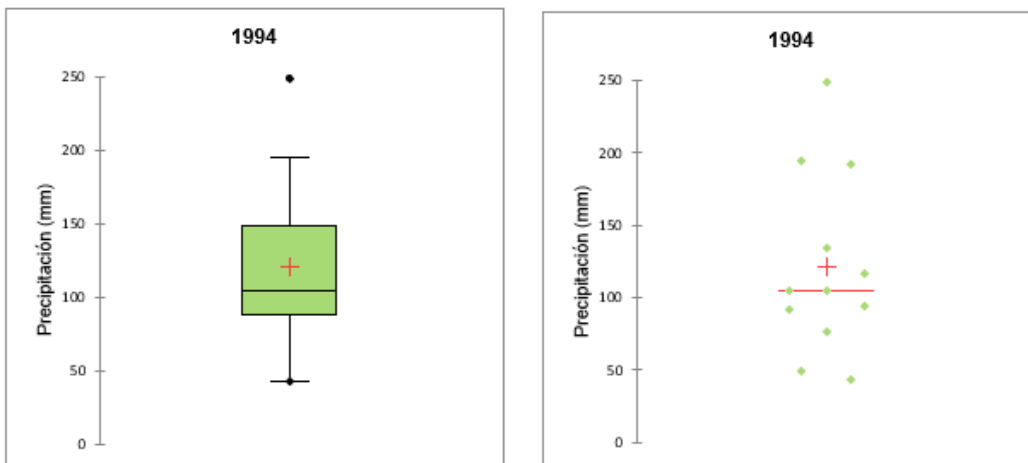


Figura 11. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación de 1994
Elaboración propia

Para el año 1994 de registros se puede apreciar un valor atípico para la serie de datos, siendo el valor de 249.3 mm de precipitación el valor máximo para este año. Así mismo se aprecia una mayor cantidad de datos por encima de la mediana, lo que implica

que la tendencia se encuentra en aumento de precipitación con respecto a registros anteriores de los meses de octubre y noviembre respectivamente.

1.1.2.4.3 Segundo periodo de 1995 al 2004

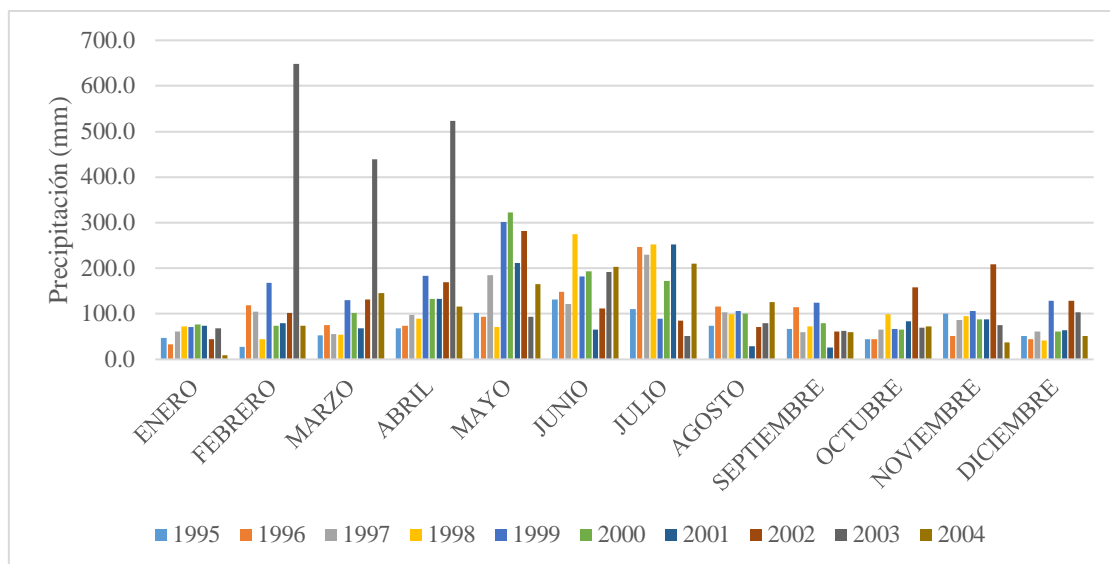


Figura 12. Precipitación del periodo de 1995 a 2004

Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490 – Quintana, 2020

Elaboración propia

Desde 1995 al 2004 se identifican tres eventos extremos en términos de precipitación siendo febrero, marzo y abril los más representativos en este periodo de tiempo. Como se puede apreciar en la figura 13 el año 2003 en cada uno de los meses mencionados registran valores de 649, 438,6 y 522,9, respectivamente. De la misma manera se tiene que el mes de enero para los diez años de registros no sobrepasaron los 100 mm de precipitación.

Tabla 4
Precipitación (mm) para el segundo periodo de registros de 1995 al 2004

| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Enero | 47.4 | 33.2 | 60.5 | 71.7 | 71.2 | 77 | 73.6 | 44.7 | 68.5 | 9.6 |
| Febrero | 27.5 | 118.8 | 104.4 | 43.8 | 168.1 | 73.9 | 78.7 | 102 | 649 | 73.5 |
| Marzo | 52.9 | 75 | 55.9 | 54 | 129.3 | 101.4 | 68.8 | 131.8 | 438.6 | 145.2 |
| Abril | 68.7 | 73.6 | 97.7 | 89.7 | 182.9 | 133.4 | 133 | 169.6 | 522.9 | 115.9 |
| Mayo | 101.5 | 93.7 | 184.1 | 70.6 | 301.6 | 322.8 | 210.8 | 281.3 | 93.7 | 165.7 |
| Junio | 131 | 148.6 | 121.2 | 274.9 | 182 | 192.5 | 64.7 | 111.3 | 191.3 | 203.7 |
| Julio | 110.4 | 246.5 | 229 | 251.9 | 89.5 | 171.6 | 252.4 | 85.3 | 51.5 | 210.2 |
| Agosto | 73.8 | 116 | 103.6 | 99.7 | 106.1 | 101.1 | 28.8 | 71.1 | 80 | 126.1 |
| Septiembre | 67.1 | 115 | 59.5 | 72.5 | 124.1 | 79.3 | 26.4 | 61.1 | 62.5 | 60.1 |
| Octubre | 44.9 | 44.3 | 65.5 | 99.6 | 66.1 | 65.7 | 84.3 | 157.4 | 70.2 | 72.9 |
| Noviembre | 100.1 | 51.8 | 86.4 | 94.9 | 105.7 | 87.8 | 87.6 | 209.2 | 75.1 | 37.1 |
| Diciembre | 50.7 | 44.5 | 61.3 | 41.3 | 129.1 | 60.7 | 64.5 | 129.1 | 102.7 | 50.8 |

Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490– Quintana, 2020
 Elaboración propia

Tabla 5
Estadísticos descriptivos de precipitación del segundo periodo de registros

| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Mínimo | 27.5 | 33.2 | 55.9 | 41.3 | 66.1 | 60.7 | 26.4 | 44.7 | 51.5 | 9.6 |
| Máximo | 131 | 246.5 | 229 | 274.9 | 301.6 | 322.8 | 252.4 | 281.3 | 649 | 210.2 |
| Rango | 103.5 | 213.3 | 173.1 | 233.6 | 235.5 | 262.1 | 226 | 236.6 | 597.5 | 200.6 |
| Mediana | 67.9 | 84.35 | 92.05 | 81.1 | 126.6 | 94.45 | 76.12 | 120.2 | 86.85 | 94.7 |
| 3° Cuartil | 100.45 | 116.7 | 108.606 | 99.625 | 171.575 | 142.95 | 98.95 | 160.45 | 253.125 | 150.325 |
| Media | 73 | 96.752 | 102.426 | 105.383 | 137.975 | 122.267 | 97.794 | 129.492 | 200.498 | 105.9 |
| Varianza | 898.32 | 3238.52 | 2679.04 | 5382.48 | 3834.67 | 5250.02 | 4337.79 | 4175.7 | 40728.19 | 3945.95 |
| Desviación típica | 29.972 | 56.908 | 51.759 | 73.365 | 61.925 | 72.457 | 65.862 | 64.62 | 201.812 | 62.817 |
| Asimetría | 0.427 | 1.295 | 1.323 | 1.533 | 1.309 | 1.703 | 1.274 | 0.88 | 1.226 | 0.27 |
| Curtosis | -0.912 | 1.342 | 0.684 | 0.822 | 1.419 | 2.1 | 0.491 | 0.175 | -0.156 | -1.13 |

Elaboración propia

Los estadísticos descriptivos nos muestran que cada uno de los valores siguen una tendencia de normalidad por la asimetría y curtosis presentada. En el año de 1995, se tiende el valor más bajo de varianza y desviación estándar, ya que la media y la mediana se encuentran casi continuas, siendo 73 la media y 67,9 la mediana para los registros.

Para el evento extremo del año 2003, se analizó con diagramas de dispersión de datos y un diagrama de caja y bigote, lo que podemos apreciar en la Figura 13.

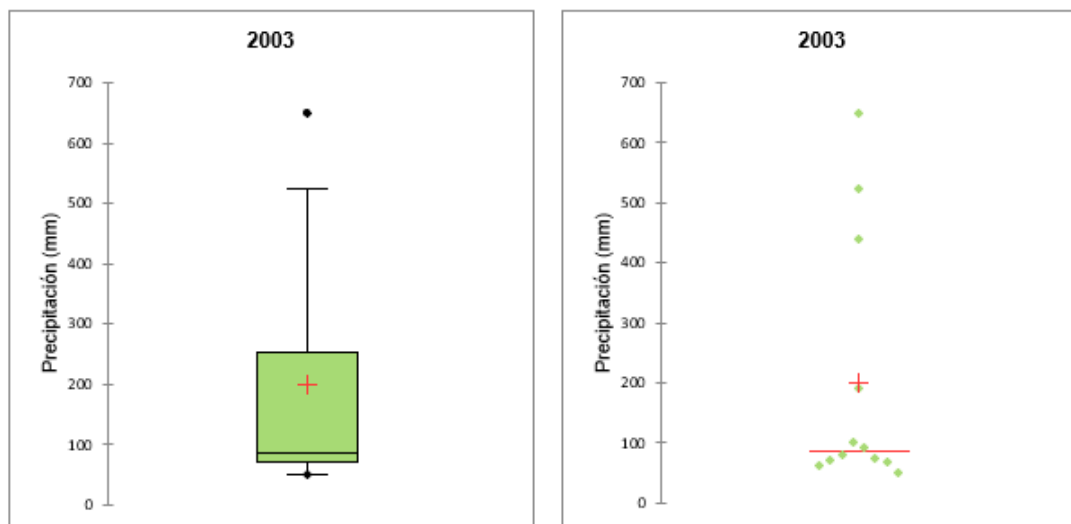


Figura 13. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación del 2003
Elaboración propia

En estos diagramas se pueden apreciar los registros de precipitación para el año 2003, siendo el valor de 649 mm considerado como atípico por estar por encima de los registros que corresponden al 95 % de los datos. De la misma manera se aprecia que seis registros se encuentran por debajo de la mediana y un valor muy cercano a la media.

1.1.2.4.4 Tercer periodo 2005 al 2015

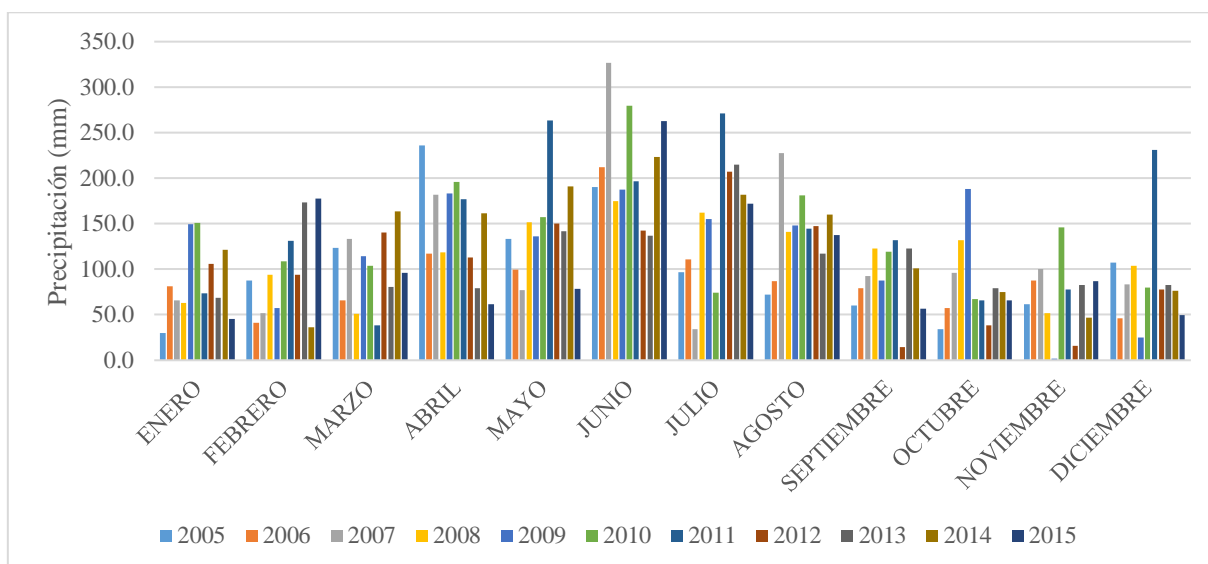


Figura 14. Precipitación del periodo del 2005 al 2015
Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490 – Quintana, 2020
Elaboración propia

Para este periodo de tiempo podemos apreciar que los registros se comportan de manera semejante al primer periodo. Sin embargo, podemos apreciar que en el año 2011

en diciembre ocurre un evento no común; comparando con los registros de los años analizado teniendo una precipitación de 231 mm.

Tabla 6
Precipitación (mm) para el tercer periodo de registros de 2005 al 2015

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Enero | 30.1 | 81 | 65.6 | 63.1 | 149.3 | 151.1 | 73.3 | 105.6 | 68.4 | 121 | 45.3 |
| Febrero | 87.4 | 41.5 | 51.6 | 93.7 | 57.3 | 108.4 | 131 | 93.7 | 173.4 | 36.2 | 177.4 |
| Marzo | 123.3 | 65.9 | 133.6 | 51.2 | 114.4 | 103.6 | 38.1 | 140.6 | 80.5 | 163.3 | 96 |
| Abril | 236 | 116.8 | 181.5 | 118.2 | 182.9 | 195.7 | 176.9 | 112.8 | 79.2 | 161.4 | 61.9 |
| Mayo | 133 | 99.7 | 76.8 | 151.5 | 136.2 | 157.4 | 263.1 | 150.3 | 141.6 | 191.1 | 78.3 |
| Junio | 190.1 | 212 | 326.4 | 175.1 | 187.2 | 279.5 | 196.9 | 142.4 | 136.9 | 223.5 | 262.8 |
| Julio | 96.8 | 110.9 | 34.1 | 162.4 | 155.2 | 74.5 | 271.1 | 206.9 | 214.8 | 181.8 | 172.3 |
| Agosto | 72 | 86.9 | 227.5 | 140.9 | 147.8 | 180.8 | 144.4 | 147.1 | 117 | 159.9 | 137.5 |
| Septiembre | 60.1 | 78.8 | 92.6 | 122.8 | 87.4 | 118.9 | 131.7 | 14.3 | 123.1 | 101.3 | 56.5 |
| Octubre | 34.4 | 57.6 | 95.7 | 132.2 | 188.3 | 67 | 65.7 | 38.5 | 79.3 | 74.6 | 65.8 |
| Noviembre | 61.7 | 87.4 | 100.5 | 51.6 | 1.7 | 146.3 | 77.6 | 16.2 | 82.5 | 46.6 | 87.2 |
| Diciembre | 107.4 | 46.2 | 83.3 | 103.5 | 25.2 | 79.6 | 231 | 77.6 | 82.6 | 76.5 | 49.5 |

Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490– Quintana, 2020

Elaboración propia

Tabla 7
Estadísticos descriptivos de precipitación del tercer periodo de registros

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Mínimo | 30.1 | 41.5 | 34.1 | 51.2 | 1.7 | 67 | 38.1 | 14.3 | 68.4 | 36.2 |
| Máximo | 236 | 212 | 326.4 | 175.1 | 188.3 | 279.5 | 271.1 | 206.9 | 214.8 | 223.5 |
| Rango | 205.9 | 170.5 | 292.35 | 123.9 | 186.6 | 212.5 | 233 | 192.6 | 146.4 | 187.3 |
| Mediana | 92.1 | 83.95 | 94.15 | 120.5 | 142 | 132.6 | 138.05 | 109.2 | 99.8 | 140.45 |
| 3° Cuartil | 125.73 | 102.5 | 145.58 | 143.55 | 162.13 | 163.25 | 205.43 | 143.58 | 138.08 | 167.93 |
| Media | 102.69 | 90.392 | 122.431 | 113.85 | 119.41 | 138.567 | 150.06 | 103.83 | 114.95 | 128.1 |
| Varianza | 3451.5 | 1854.6 | 6501.04 | 1631.9 | 3689.4 | 3392.05 | 5701.2 | 3194.8 | 1887.4 | 3391.2 |
| Desviación típica | 58.749 | 43.065 | 80.629 | 40.396 | 60.741 | 58.241 | 75.506 | 56.522 | 43.444 | 58.23 |
| Asimetría | 0.902 | 1.639 | 1.337 | -0.256 | -0.649 | 0.91 | 0.197 | -0.141 | 0.94 | -0.102 |
| Curtosis | 0.021 | 2.583 | 0.884 | -1.137 | -0.859 | 0.376 | -1.215 | -0.819 | -0.114 | -1.247 |

Elaboración propia

Los estadísticos descriptivos para este periodo de tiempo nos muestran que los registros de cada año tienden a seguir una distribución normal por los valores presentados en la curtosis y asimetría. Además, en el año del 2007, se presenta el valor más alto de precipitación registrado para los diez años de registros analizados, así mismo, este año presenta la media más baja y por ende la varianza y desviación típica.

En el año 2009 se puede presentar como un evento extremo de sequía, por su valor mínimo de precipitación de 1,2 mm. Este valor es el más bajo reportado en los 31 años

de registros. Por lo que este año se lo analizó con un diagrama de dispersión y de igual manera con un diagrama de caja y bigote que se presenta en la Figura 15.

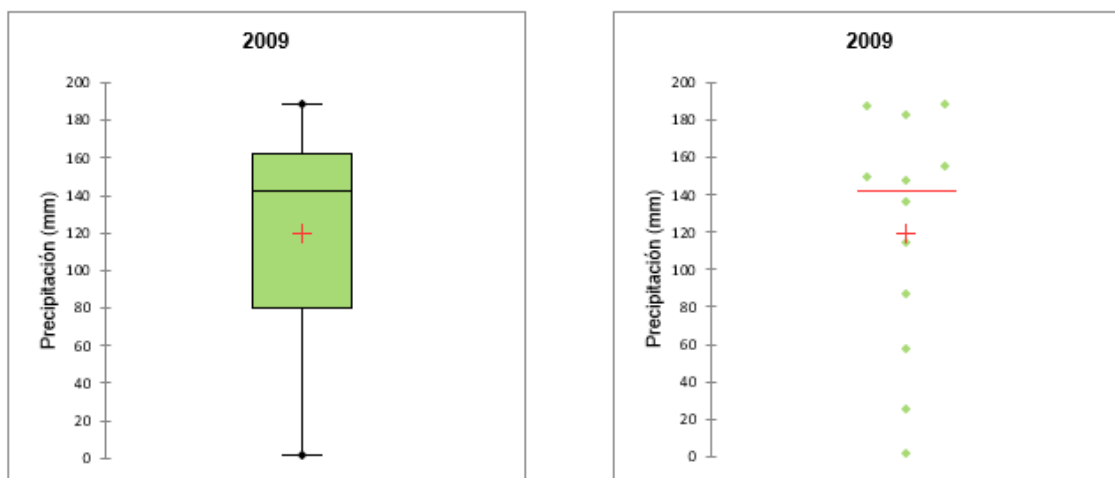


Figura 15. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de precipitación del 2009
Elaboración propia

Se puede apreciar que seis de los de dice registros se encuentran dentro de la caja, mientras que los seis restantes se encuentran formando los límites del diagrama, Así mismo, se presenta que la mediana se encuentra por encima de la media, esto debido a la dispersión de los valores máximos y mínimos respectivamente que afectan a la normalidad de los datos para este año en específico.

1.1.2.4.5 Precipitaciones de 31 años de datos

Lo que respecta a la precipitación media mensual del periodo de los 31 años se determinó que el mes de junio y julio presentan los valores elevados con más de 150 mm de lluvia dentro de la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande. El periodo de 1995-2004 presentan valores más elevados para los meses de febrero, marzo, abril y mayo frente a los demás periodos. Así mismo se observa que a partir de septiembre la precipitación no sobrepasa los 100 mm.

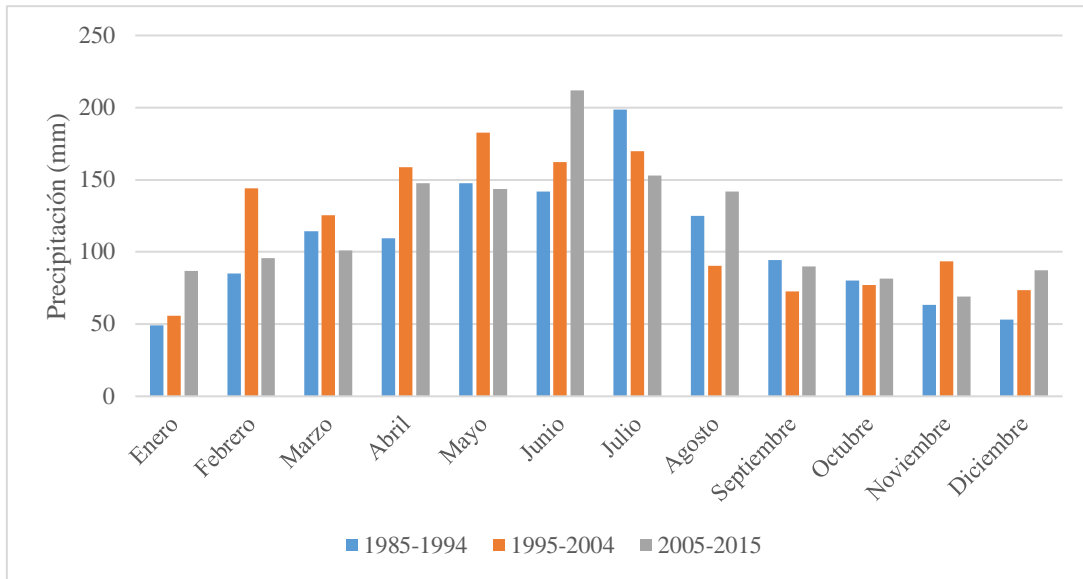


Figura 16. Precipitación media mensual de 1985 al 2015
 Fuente: INHAMI – Estación M0188; M0490– Quintana, 2020
 Elaboración propia

1.1.2.5 Hidrología

Dentro de la hidrología de la cuenca se tiene que el sistema hídrico tiene como nacientes a los ríos Chalpi Norte y Mogotes, cuyos regímenes hidrológicos se encuentran definidos por el embalse de Mogotes. Los cauces sin agua empiezan a recolectar todo lo que incluye a la zona de drenaje hasta formar el río Chalpi Grande, el cual va a desembocar en el río Papallacta (EPMAPS-Q 2015, 2017).

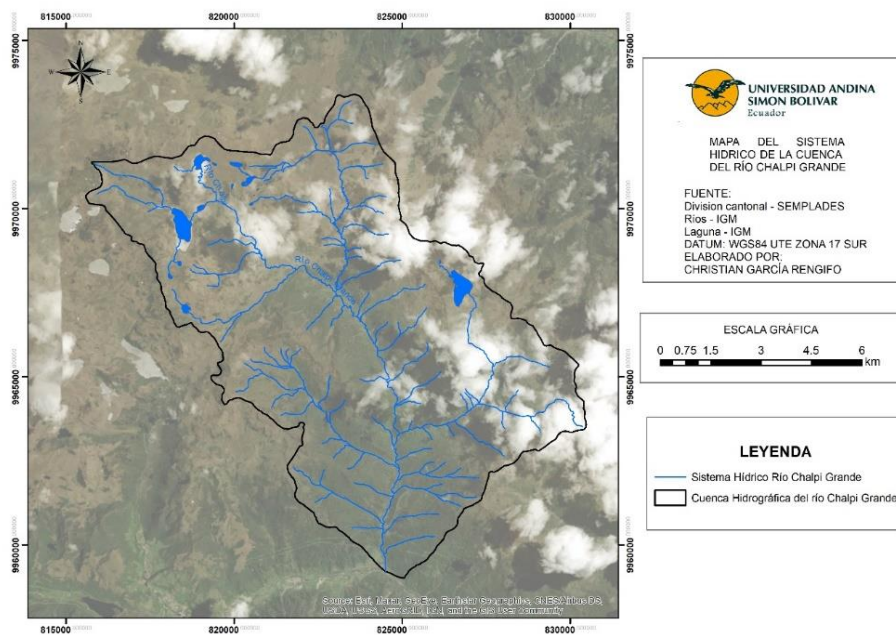


Figura 17. Mapa del sistema hídrico de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande
 Fuente: Semplades – IGM
 Elaboración propia

1.1.2.5.1 Caudales del sistema hídrico de la cuenca del río Chalpi Grande

La Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito posee una estación que mide el caudal del río Chalpi Grande. De este río depende el abastecimiento de agua a corto y mediano plazo para la ciudad de Quito, y de igual manera para las comunidades aledañas, comuneros de las parroquias de Papallacta y sobre todo Cuyuja. En la figura 18 se muestra los valores para los 31 años de datos de caudales, donde desde el mes de abril hasta julio presenta un aumento del caudal del río. Es notable como el caudal del río Chalpi Grande en los 31 años ha mostrado un incremento desde el mes de marzo para volver a un caudal estable en septiembre.

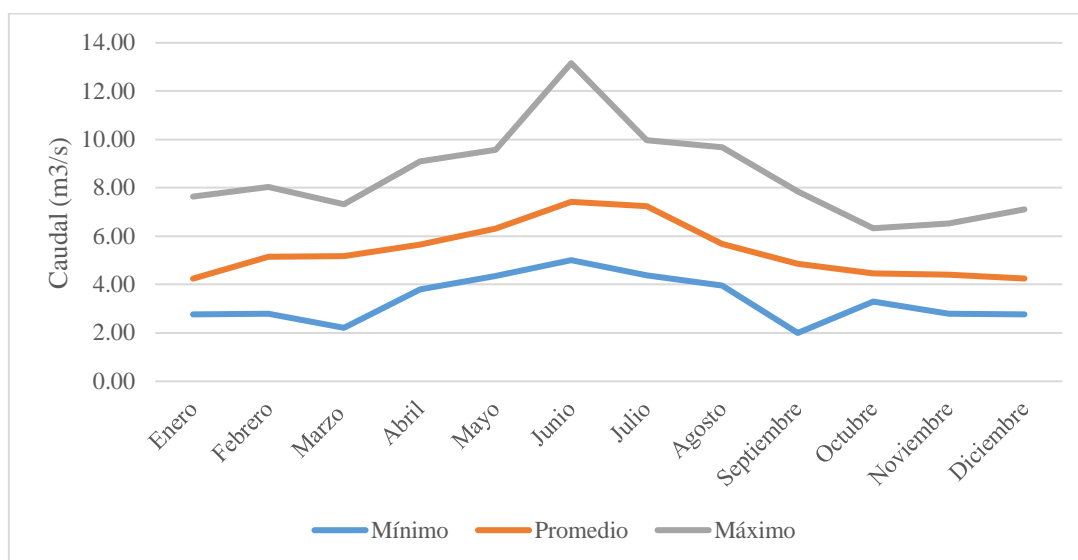


Figura 18. Análisis de valores máximos, mínimos y promedios de 31 años de datos del caudal del río Chalpi Grande

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande

Elaboración propia

1.1.2.5.2 Análisis multitemporal de caudales del río Chalpi Grande

Para el desarrollo del análisis multitemporal se dividió a los 31 años de datos en periodos de 10 años para analizar de igual manera la multitemporalidad de las afecciones del ENOS y la relación entre las precipitaciones para de esta manera determinar, como se ha comportado el caudal del río Chalpi Grande en periodos consecutivos.

1.1.2.5.2.1 Primer periodo 1985 a 1994

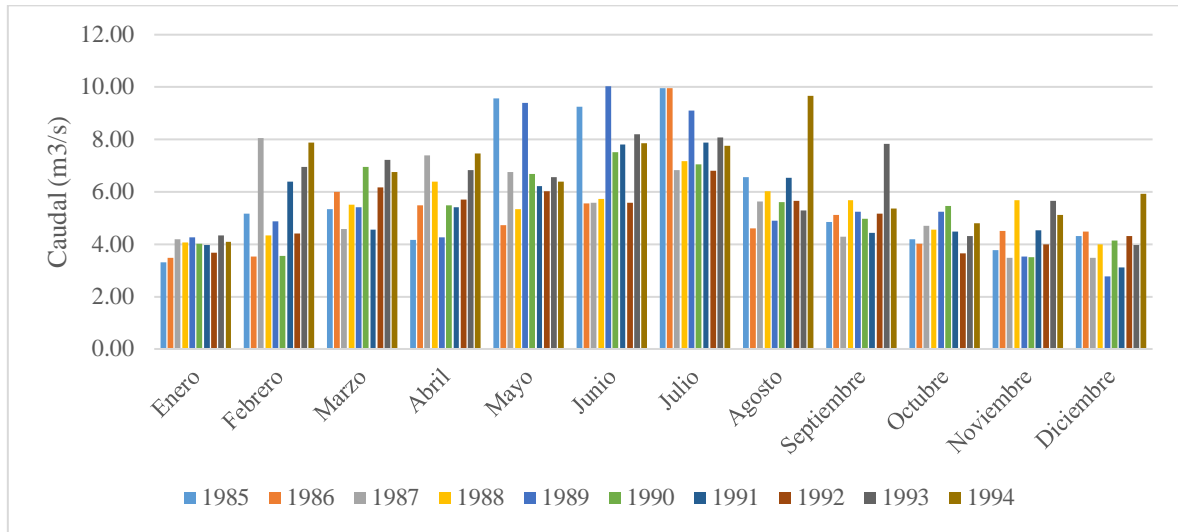


Figura 19. Primer periodo de caudales de 1985 a 1994

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 20, se puede apreciar que el caudal se encuentra por encima de los 2 m³/s en todos los meses de los años de registros del primer periodo. Sin embargo, la estacionalidad maneja un papel muy importante. La cuenca al estar ubicada en la región amazónica presenta precipitaciones en todo el año con incrementos entre los meses de marzo y julio, lo que conlleva de igual manera a un incremento en el caudal como podemos apreciar en la figura. De igual manera se puede observar una disminución entre los meses de agosto a enero. En la figura podemos apreciar valores máximos que se encuentran por encima de los 8 m³/s en el año de 1985 y 1989, respectivamente.

Tabla 8

Caudal (m³/s) primer periodo de registros del río Chalpi Grande

| | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Enero | 3.3 | 3.48 | 4.19 | 4.06 | 4.26 | 4.01 | 3.96 | 3.67 | 4.34 | 4.09 |
| Febrero | 5.16 | 3.53 | 8.04 | 4.34 | 4.88 | 3.55 | 6.4 | 4.42 | 6.95 | 7.89 |
| Marzo | 5.34 | 6 | 4.58 | 5.52 | 5.4 | 6.94 | 4.56 | 6.18 | 7.22 | 6.76 |
| Abril | 4.17 | 5.48 | 7.38 | 6.4 | 4.26 | 5.48 | 5.42 | 5.7 | 6.83 | 7.46 |
| Mayo | 9.57 | 4.73 | 6.76 | 5.33 | 9.4 | 6.68 | 6.23 | 6.02 | 6.55 | 6.39 |
| Junio | 9.25 | 5.55 | 5.58 | 5.72 | 10.04 | 7.52 | 7.81 | 5.58 | 8.2 | 7.85 |
| Julio | 9.97 | 9.97 | 6.82 | 7.16 | 9.11 | 7.06 | 7.89 | 6.8 | 8.07 | 7.75 |
| Agosto | 6.56 | 4.61 | 5.62 | 6.02 | 4.89 | 5.6 | 6.54 | 5.65 | 5.3 | 9.67 |
| Septiembre | 4.84 | 5.12 | 4.28 | 5.67 | 5.24 | 4.97 | 4.43 | 5.16 | 7.84 | 5.37 |
| Octubre | 4.2 | 4.01 | 4.7 | 4.55 | 5.24 | 5.47 | 4.48 | 3.64 | 4.31 | 4.81 |
| Noviembre | 3.78 | 4.51 | 3.47 | 5.67 | 3.54 | 3.5 | 4.54 | 3.99 | 5.66 | 5.13 |
| Diciembre | 4.32 | 4.48 | 3.49 | 4 | 2.76 | 4.14 | 3.11 | 4.31 | 3.98 | 5.92 |

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande

Elaboración propia

Tabla 9
Estadísticos descriptivos del primer periodo de datos de caudales

| | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
| Mínimo | 3.30 | 3.48 | 3.47 | 4.00 | 2.76 | 3.50 | 3.11 | 3.64 | 3.98 | 4.09 |
| Máximo | 9.970 | 9.97 | 8.04 | 7.16 | 10.04 | 7.52 | 7.89 | 6.80 | 8.20 | 9.67 |
| Rango | 6.670 | 6.490 | 4.570 | 3.160 | 7.280 | 4.020 | 4.780 | 3.160 | 4.220 | 5.580 |
| Mediana | 5.000 | 4.670 | 5.140 | 5.595 | 5.065 | 5.475 | 4.990 | 5.370 | 6.690 | 6.575 |
| 3° Cuartil | 7.233 | 5.498 | 6.775 | 5.795 | 6.328 | 6.745 | 6.435 | 5.780 | 7.375 | 7.775 |
| Media | 5.872 | 5.123 | 5.409 | 5.370 | 5.752 | 5.410 | 5.448 | 5.093 | 6.271 | 6.591 |
| Varianza | 5.275 | 2.688 | 2.174 | 0.862 | 5.285 | 1.837 | 2.127 | 1.024 | 2.109 | 2.369 |
| Desviación típica | 2.297 | 1.639 | 1.474 | 0.928 | 2.299 | 1.355 | 1.458 | 1.012 | 1.452 | 1.539 |
| Asimetría | 0.806 | 1.970 | 0.328 | 0.077 | 0.819 | 0.042 | 0.294 | -0.04 | -0.263 | 0.207 |
| Curtosis | -0.94 | 3.557 | -1.19 | -0.79 | -0.739 | -1.344 | -1.02 | -1.29 | -1.337 | -0.72 |

Elaboración propia

El análisis estadístico presentado en la tabla anterior muestra que el caudal más bajo se encuentra por encima de los 2,76 m³/s siendo este el valor más bajo reportado para el periodo de diez años de registros. De igual manera presenta una varianza y desviación típica, lo que nos indica que los registros no varían de manera abrupta. El caudal para este periodo de tiempo de análisis se ha mantenido constante y de igual manera siguiendo una distribución normal de valores.

El año de 1986 nos brinda resultados peculiares en términos de la asimetría y curtosis presentada, siendo esto un causal de que, para este año en específico, se tiene registros que ha existido valores fuera de lo común que puede ser catalogado como un evento extremo.

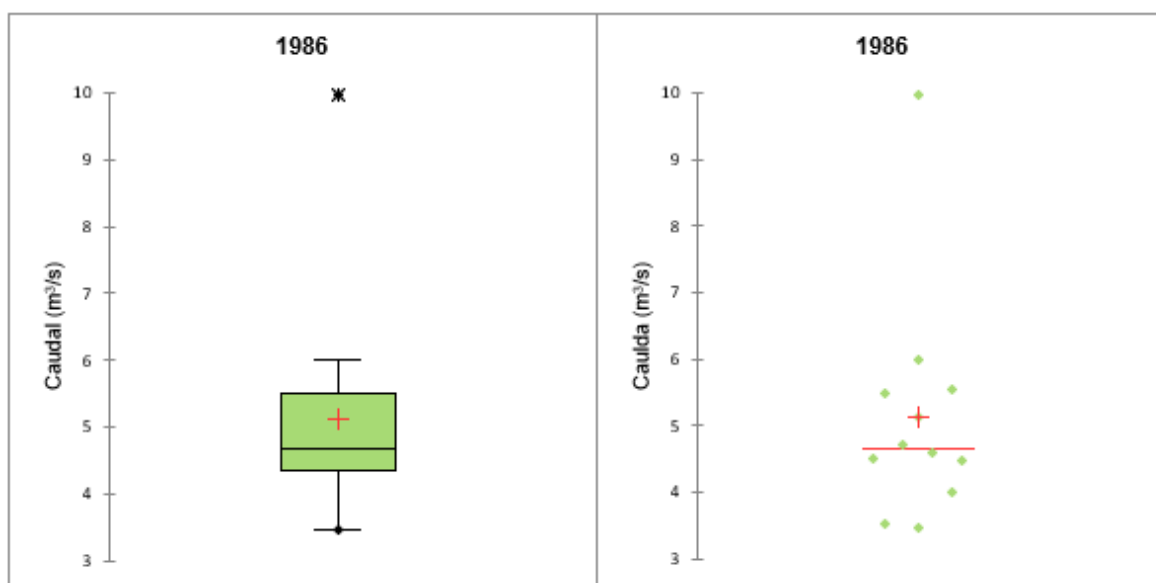


Figura 20. Box plot y diagrama de dispersión de evento extremo de caudal de 1986
 Elaboración propia

Como se puede apreciar en el diagrama de caja y bigote y en el de dispersión tenemos un valor por encima del 95 % de datos que se pueden considerar como normales. Siendo este valor de $9,97 \text{ m}^3/\text{s}$ considerado como un valor atípico y el valor máximo para este año en específico. Así mismo podemos apreciar que la dispersión de los registros de caudales se encuentra entre 3.48 a $6 \text{ m}^3/\text{s}$ teniendo más valores por encima de la mediana y en cambio más valores por debajo de la media.

1.1.2.5.2.2 Segundo periodo 1995 al 2004

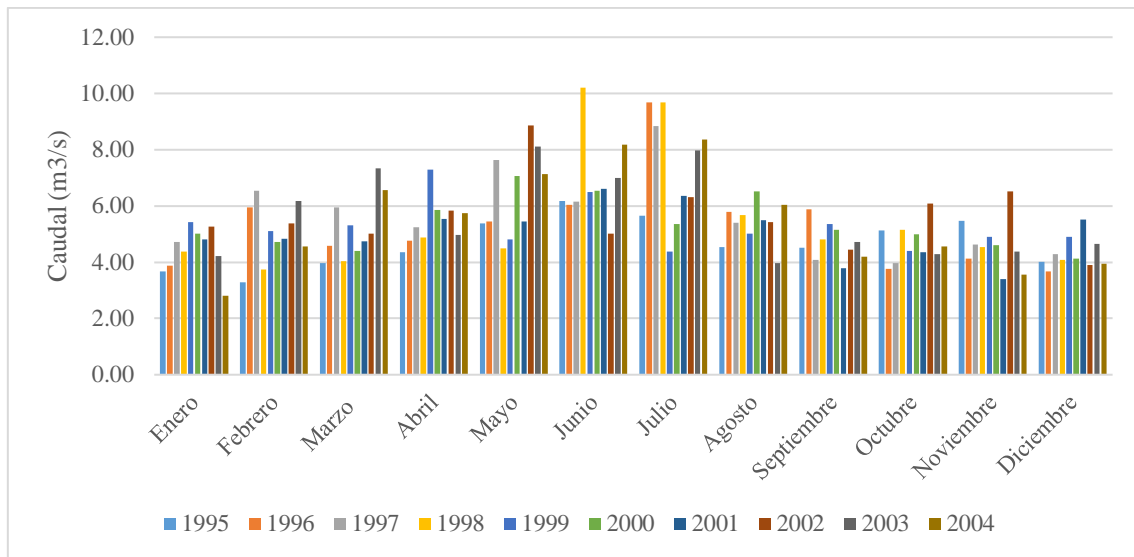


Figura 21. Segundo periodo de caudales de 1995 al 2004

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande

Elaboración propia

En el periodo de 1995 al 2004 se puede observar tres picos importantes, donde dos de ellos se producen en 1998 y el tercer en 1996. Se observa en el mes de junio un caudal por encima de los $10 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo este el más alto presentado en el periodo de registros observados. Así mismo, en el mes de julio los dos picos se encuentran con un caudal de $9,68 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1996 y 1998 respectivamente.

Tabla 10
Caudal (m³/s) segundo periodo de registros del río Chalpi Grande

| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Enero | 3.67 | 3.88 | 4.71 | 4.38 | 5.43 | 5.01 | 4.81 | 5.26 | 4.22 | 2.80 |
| Febrero | 3.29 | 5.94 | 6.54 | 3.75 | 5.10 | 4.73 | 4.84 | 5.37 | 6.18 | 4.57 |
| Marzo | 3.96 | 4.59 | 5.94 | 4.03 | 5.31 | 4.41 | 4.74 | 5.02 | 7.33 | 6.57 |
| Abril | 4.36 | 4.76 | 5.25 | 4.88 | 7.29 | 5.85 | 5.53 | 5.84 | 4.98 | 5.75 |
| Mayo | 5.39 | 5.45 | 7.64 | 4.49 | 4.80 | 7.07 | 5.44 | 8.86 | 8.12 | 7.14 |
| Junio | 6.18 | 6.05 | 6.16 | 10.20 | 6.49 | 6.53 | 6.61 | 5.01 | 6.99 | 8.19 |
| Julio | 5.66 | 9.68 | 8.83 | 9.68 | 4.38 | 5.35 | 6.36 | 6.32 | 7.97 | 8.37 |
| Agosto | 4.54 | 5.78 | 5.41 | 5.67 | 5.01 | 6.51 | 5.50 | 5.42 | 3.96 | 6.03 |
| Septiembre | 4.51 | 5.87 | 4.08 | 4.80 | 5.36 | 5.16 | 3.78 | 4.45 | 4.73 | 4.20 |
| Octubre | 5.14 | 3.76 | 3.97 | 5.16 | 4.41 | 4.99 | 4.35 | 6.08 | 4.28 | 4.56 |
| Noviembre | 5.46 | 4.12 | 4.62 | 4.53 | 4.91 | 4.61 | 3.39 | 6.52 | 4.38 | 3.56 |
| Diciembre | 4.01 | 3.67 | 4.28 | 4.08 | 4.90 | 4.13 | 5.51 | 3.89 | 4.65 | 3.94 |

Fuente: EPMAAPS; Estación P46 Chalpi Grande
 Elaboración propia

Tabla 11
Estadísticos descriptivos del segundo periodo de datos de caudales

| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mínimo | 3.29 | 3.67 | 3.97 | 3.75 | 4.38 | 4.13 | 3.39 | 3.89 | 3.96 | 2.80 |
| Máximo | 6.18 | 9.68 | 8.83 | 10.20 | 7.29 | 7.07 | 6.61 | 8.86 | 8.12 | 8.37 |
| Rango | 2.890 | 6.010 | 4.860 | 6.450 | 2.910 | 2.940 | 3.220 | 4.970 | 4.160 | 5.570 |
| Mediana | 4.525 | 5.105 | 5.330 | 4.665 | 5.055 | 5.085 | 5.140 | 5.395 | 4.855 | 5.160 |
| 3° Cuartil | 5.408 | 5.888 | 6.255 | 5.288 | 5.378 | 6.015 | 5.515 | 6.140 | 7.075 | 6.713 |
| Media | 4.681 | 5.296 | 5.619 | 5.471 | 5.283 | 5.363 | 5.072 | 5.670 | 5.649 | 5.473 |
| Varianza | 0.717 | 2.497 | 2.044 | 4.252 | 0.643 | 0.794 | 0.833 | 1.446 | 2.256 | 3.047 |
| Desviación típica | 0.847 | 1.580 | 1.430 | 2.062 | 0.802 | 0.891 | 0.913 | 1.203 | 1.502 | 1.746 |
| Asimetría | 0.109 | 1.528 | 0.855 | 1.577 | 1.326 | 0.551 | -0.14 | 1.212 | 0.504 | 0.270 |
| Curtosis | -1.07 | 2.197 | -0.17 | 0.845 | 0.971 | -0.91 | -0.65 | 1.660 | -1.39 | -1.13 |

Elaboración propia

Los análisis estadísticos de los datos nos dan una conclusión de que al igual que el periodo anterior se mantiene el caudal por encima de los 2 m³/s. Los valores máximos se encuentran por encima de los 6 m³/s. Lo que conlleva a mantener una desviación típica relativamente baja lo que ayuda a comprender que la existencia de la variación para este periodo de tiempo es baja.

Para este periodo de registros tenemos casos singulares específicamente en los años de 1996, 1998, 1999 y el 2002. Lo que estos años tienen en común es que la asimetría tiene por encima de 1, lo que conlleva a que sus datos no siguen una distribución normal por verse afectados de valores extremadamente altos considerados como atípicos.

Como se puede apreciar en la siguiente figura para cada año se establecen valores atípicos que sobresalen del conjunto del 95 % de datos que se encuentran dentro del diagrama, de igual manera se puede apreciar que la mediana se ve afectada por estos valores, lo que conlleva a tener una media más elevada para todo el conjunto de registros.

Estos valores atípicos pueden ser producidos por un incremento de precipitación, lo que desencadenó a un aumento súbito de caudal pudiendo afectar a moradores, o a su vez a las características físico-químicas del río.

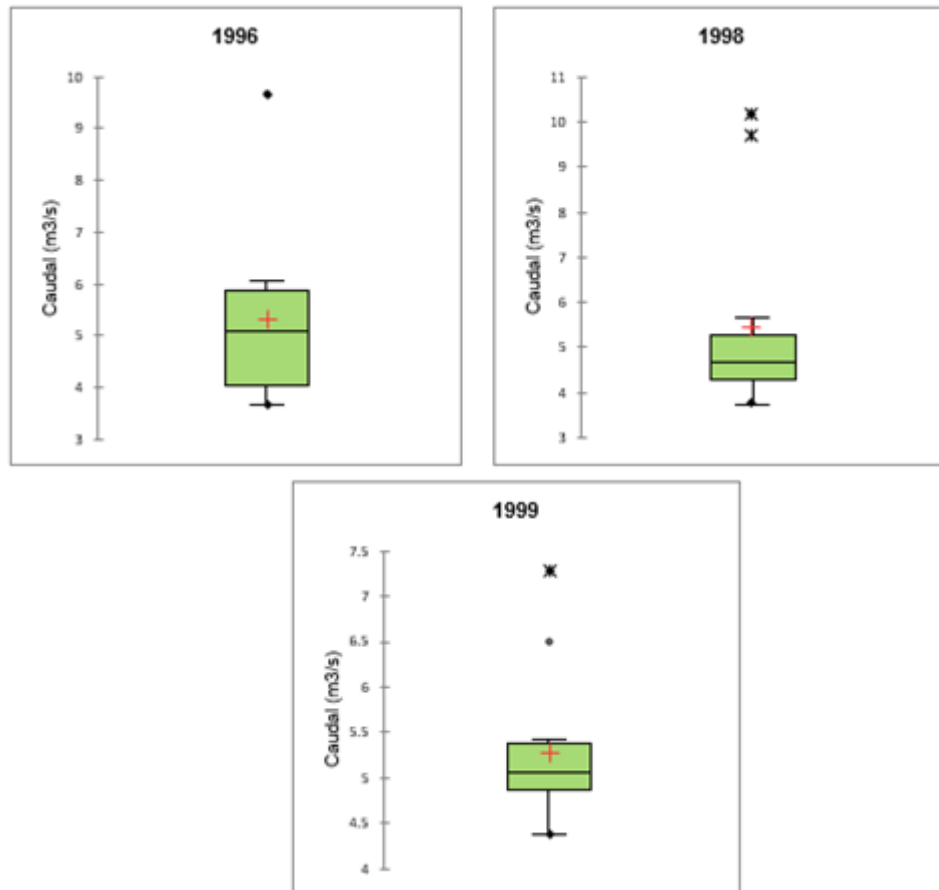


Figura 22. Box plot eventos extremos en el segundo periodo de registros de caudales
Elaboración propia

1.1.2.5.2.3 Tercer periodo 1995 – 2001 de caudales

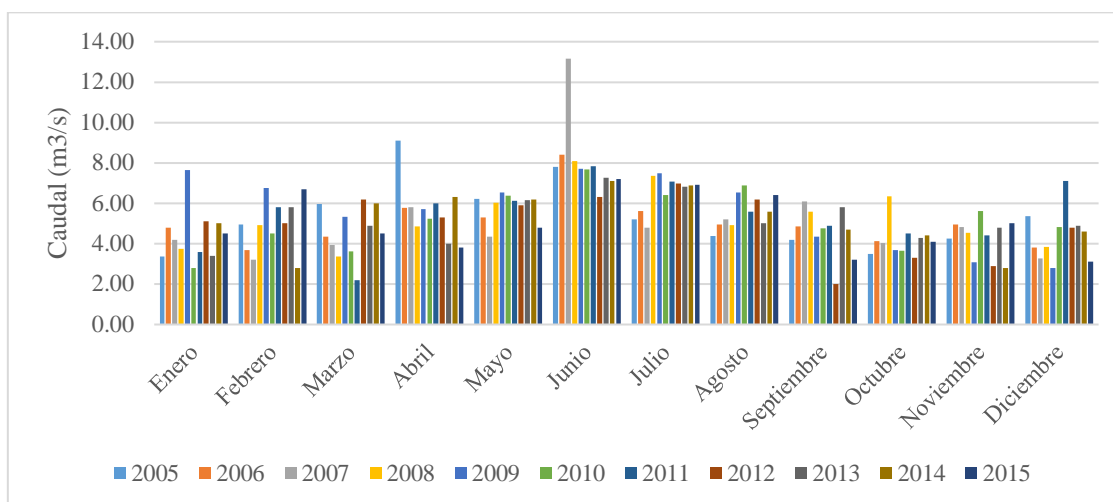


Figura 23. Tercer periodo de caudales de 2005 al 2015

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande

Elaboración propia

Durante el periodo del 2005 al 2015 se puede apreciar dos picos máximos de caudales registrados en abril del 2005 y junio del 2007 respectivamente. Para abril se tiene un caudal que se encuentra por encima de los $8 \text{ m}^3/\text{s}$ y para junio el caudal sobrepasa los $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Podemos concluir después de analizar los tres periodos que para los 31 años de análisis se tiene que el río Chalpi Grande mantiene un caudal mínimo de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ lo que se ha mantenido constante con el pasar de los años.

Tabla 12
Caudal (m^3/s) tercer periodo de registros del río Chalpi Grande

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Enero | 3.37 | 4.78 | 4.19 | 3.76 | 7.64 | 2.78 | 3.60 | 5.10 | 3.40 | 5.00 | 4.50 |
| Febrero | 4.96 | 3.68 | 3.20 | 4.93 | 6.76 | 4.50 | 5.80 | 5.00 | 5.80 | 2.80 | 6.70 |
| Marzo | 5.96 | 4.36 | 3.95 | 3.38 | 5.33 | 3.63 | 2.20 | 6.20 | 4.90 | 6.00 | 4.50 |
| Abril | 9.09 | 5.78 | 5.82 | 4.84 | 5.70 | 5.25 | 6.00 | 5.30 | 4.00 | 6.30 | 3.80 |
| Mayo | 6.23 | 5.30 | 4.35 | 6.02 | 6.55 | 6.38 | 6.13 | 5.90 | 6.14 | 6.20 | 4.80 |
| Junio | 7.81 | 8.42 | 13.16 | 8.10 | 7.72 | 7.68 | 7.83 | 6.31 | 7.27 | 7.10 | 7.20 |
| Julio | 5.22 | 5.61 | 4.78 | 7.37 | 7.48 | 6.41 | 7.09 | 6.99 | 6.83 | 6.87 | 6.93 |
| Agosto | 4.38 | 4.95 | 5.21 | 4.93 | 6.53 | 6.88 | 5.60 | 6.20 | 5.00 | 5.60 | 6.40 |
| Septiembre | 4.20 | 4.86 | 6.08 | 5.58 | 4.34 | 4.75 | 4.89 | 2.00 | 5.80 | 4.70 | 3.20 |
| Octubre | 3.49 | 4.13 | 4.03 | 6.33 | 3.67 | 3.65 | 4.50 | 3.30 | 4.30 | 4.40 | 4.10 |
| Noviembre | 4.24 | 4.96 | 4.81 | 4.55 | 3.09 | 5.63 | 4.42 | 2.90 | 4.80 | 2.80 | 5.00 |
| Diciembre | 5.37 | 3.81 | 3.27 | 3.83 | 2.79 | 4.82 | 7.10 | 4.80 | 4.90 | 4.60 | 3.10 |

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande

Elaboración propia

El caudal más bajo reportado se encuentra para el año 2012 con un valor de 2 m³/s, siendo este el más bajo reportado en los 31 años de registros. En cambio, el caudal más alto reportado para este periodo de análisis es en el año 2007 con un total de 13,16 m³/s.

Tabla 13
Estadísticos descriptivos del tercer periodo de datos de caudales

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mínimo | 3.370 | 3.680 | 3.200 | 3.380 | 2.790 | 2.780 | 2.200 | 2.000 | 3.400 | 2.800 | 3.100 |
| Máximo | 9.090 | 8.420 | 13.160 | 8.100 | 7.720 | 7.680 | 7.830 | 6.990 | 7.270 | 7.100 | 7.200 |
| Rango | 5.720 | 4.740 | 9.960 | 4.720 | 4.930 | 4.900 | 5.630 | 4.990 | 3.870 | 4.300 | 4.100 |
| Mediana | 5.090 | 4.905 | 4.565 | 4.930 | 6.115 | 5.035 | 5.700 | 5.200 | 4.950 | 5.300 | 4.650 |
| 3° Cuartil | 6.028 | 5.378 | 5.363 | 6.098 | 6.940 | 6.388 | 6.370 | 6.200 | 5.885 | 6.225 | 6.475 |
| Media | 5.360 | 5.053 | 5.238 | 5.302 | 5.633 | 5.197 | 5.430 | 5.000 | 5.262 | 5.198 | 5.019 |
| Varianza | 2.686 | 1.427 | 6.436 | 1.921 | 2.907 | 1.965 | 2.354 | 2.151 | 1.197 | 1.852 | 1.921 |
| Desviación típica | 1.639 | 1.195 | 2.537 | 1.386 | 1.705 | 1.402 | 1.534 | 1.466 | 1.094 | 1.361 | 1.386 |
| Asimetría | 0.929 | 1.616 | 2.430 | 0.553 | -0.38 | 0.044 | -0.42 | -0.71 | 0.215 | -0.46 | 0.274 |
| Curtosis | 0.033 | 2.552 | 5.006 | -0.62 | -1.28 | -0.92 | -0.43 | -0.62 | -0.76 | -0.80 | -1.30 |

Elaboración propia

Para este periodo se presentan tres años valores atípicos que se encuentran con valores altos en la asimetría y curtosis, de igual manera hacen referencia a los valores máximos de caudales, como se puede apreciar en la Figura 25.

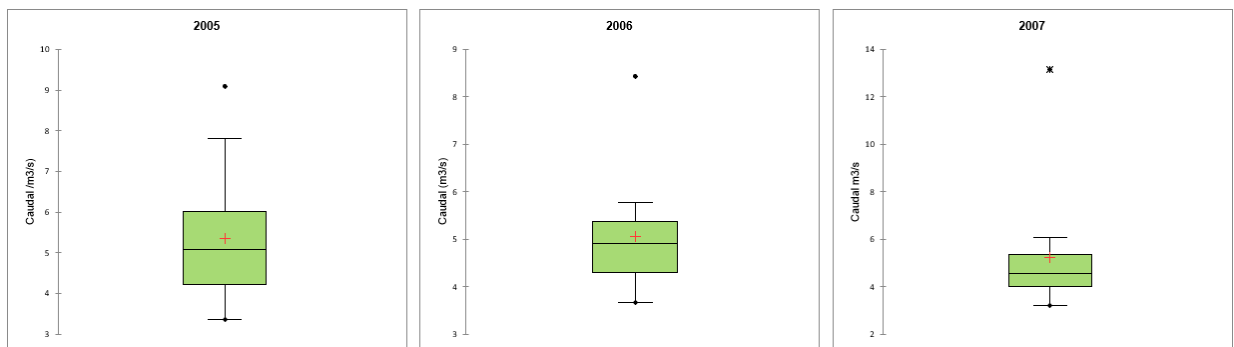


Figura 24. Box plot de eventos extremos en el tercer periodo de registros de caudales
Elaboración propia

Se observa que, en los años 2005, 2006 y 2007 existen valores que se encuentran por encima del box plot, haciendo referencia a que son valores que no se ajustan a una distribución normal de datos, sin embargo, al ser el caudal una variable ambiental que no siempre se mantiene constante estos tipos de valores son comunes encontrar y puede deberse a varios o cambios en el clima, ciclo hidrológico, sustrato en el suelo, entre otros.

1.1.2.5.3 Caudales de 35 años de registros

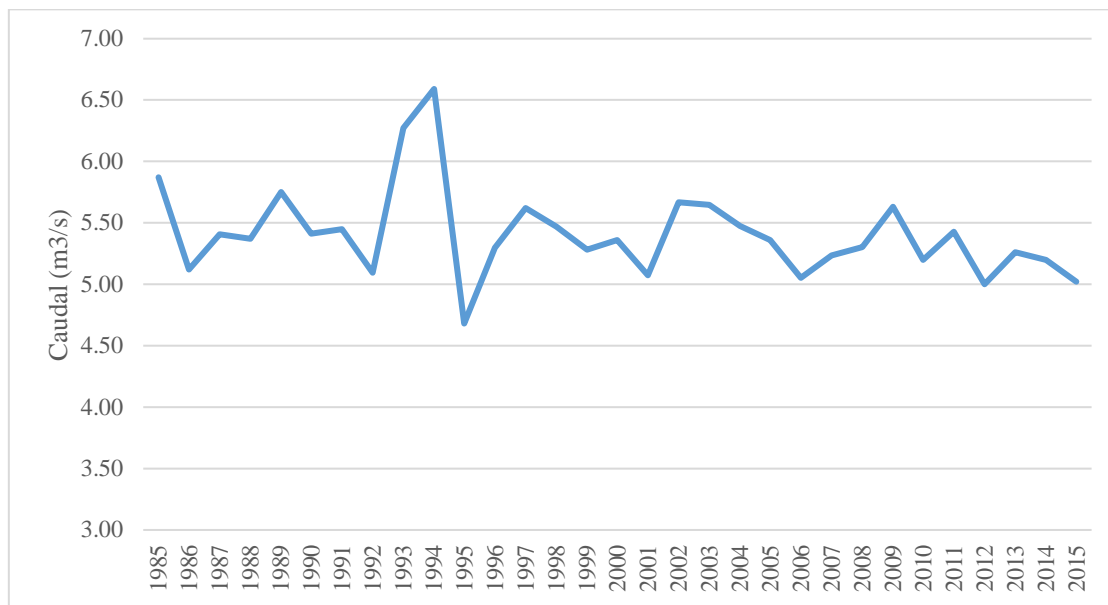


Figura 25. Caudales promedios de los años de 1981 al 2015
Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande
Elaboración propia

Como se puede apreciar la figura 25, la descripción de los datos nos indica que en 1981 el caudal del río Chalpi Grande tuvo un valor atípico promedio de $6,8 \text{ m}^3/\text{s}$ siendo ese el valor más alto en todos los 35 años de análisis. Así mismo se consideran dos grandes picos en el año de 1993 y 1994 con valores de $6,27$ y $6,59 \text{ m}^3/\text{s}$ considerados los caudales más elevados en promedio. De igual manera tenemos el valor más bajo que se dio en 1995 con un valor de $4,68 \text{ m}^3/\text{s}$. Además, se puede apreciar que desde 1997 el caudal disminuye en variación, pero sin grandes picos que se consideren como eventos extremos.

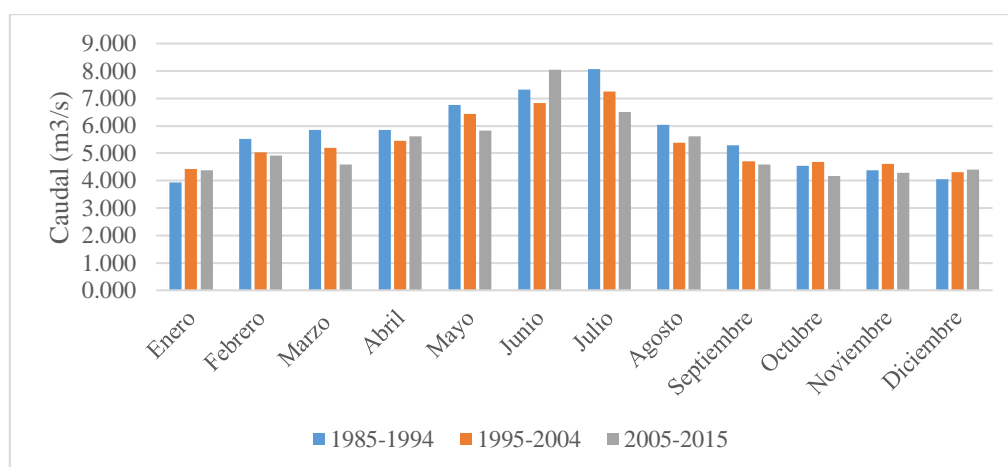


Figura 26. Caudales mensuales promedio en periodos desde 1981 al 2015
Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande
Elaboración propia

En los 31 años de estudio se ha determinado que el caudal va incrementado conforme pasan los meses, siendo junio y julio los meses donde el caudal ha llegado a su punto máximo en cada uno de los periodos y años analizados. Luego de estos meses el caudal del río Chalpi Grande tiende a reducirse hasta llegar a un caudal estable de 3 a 4 m³/s.

Los años de 1985 a 1994 se considera como el principal periodo debido a que este periodo posee caudales que se encuentran fuera de los rangos que hoy se consideran promedio frente a los caudales de la cuenca hidrográfica. Siendo julio el mes que alcanza un valor en promedio de 9.13 m³/s. Mientras que los valores más bajos de caudal se encuentran entrando a valores normales como son los casos de enero, octubre, noviembre y diciembre de cada periodo de tiempo respectivamente.

1.1.2.6 Correlación entre precipitación y caudal

Para la correlación de la variable de la precipitación y el caudal, se determinó en base a los valores promedios mensuales de cada año, separándolos en periodos de diez años para un análisis multitemporal, donde se pueda apreciar la relación existente.

1.1.2.6.1 Primer periodo de 1985 a 1994

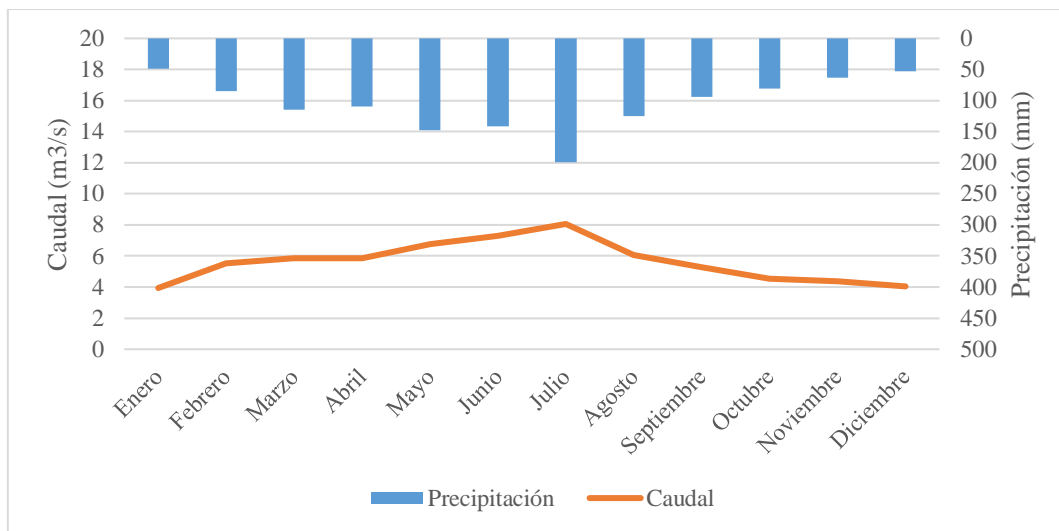


Figura 27. Correlación entre caudal y precipitación mensual de 1985 a 1994

Fuente: INAMHI - EPMAPS

Elaboración propia

Para el primer periodo de diez años de registros muestra que el mes de julio es el pico más elevado con 198.86 mm de precipitación y un caudal de 8,06 m³/s. En enero se

muestra el caso contrario siendo el valor mínimo para los diez años con un caudal de 3.936 m³/s y una precipitación de 49.3 mm.

Tabla 14
Datos de precipitación, caudal y estadísticos descriptivos del primer periodo de 1985 a 1994

| | Precipitación (mm) | Caudal (m ³ /s) | | Precipitación (mm) | Caudal (m ³ /s) |
|------------|--------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
| Enero | 49.3 | 3.936 | Estadístico | | |
| Febrero | 85.02 | 5.516 | Mínimo | 49.3 | 3.936 |
| Marzo | 114.59 | 5.85 | Máximo | 198.86 | 8.06 |
| Abril | 109.49 | 5.858 | Rango | 149.56 | 4.124 |
| Mayo | 147.72 | 6.766 | Mediana | 101.945 | 5.683 |
| Junio | 141.96 | 7.31 | 3° Cuartil | 129.3 | 6.226 |
| Julio | 198.86 | 8.06 | Media | 105.257 | 5.634 |
| Agosto | 125.08 | 6.046 | Varianza | 1764.891 | 1.544 |
| Septiembre | 94.4 | 5.292 | Desviación típica | 42.011 | 1.243 |
| Octubre | 80.4 | 5.451 | | | |
| Noviembre | 63.16 | 4.379 | | | |
| Diciembre | 53.1 | 4.051 | | | |

Elaboración propia

Los promedios mensuales del primer periodo de registros nos indican que el caudal presenta una menor varianza y por ende menor desviación típica que pueden existir en los datos. De igual manera se establece que la varianza para la precipitación es un valor elevado, pero esto se debe a que el valor mínimo se encuentra aleado de la media y por ende la varianza se ve afectada por valores mínimos y máximos.

1.1.2.6.2 Segundo periodo de 1995 al 2004

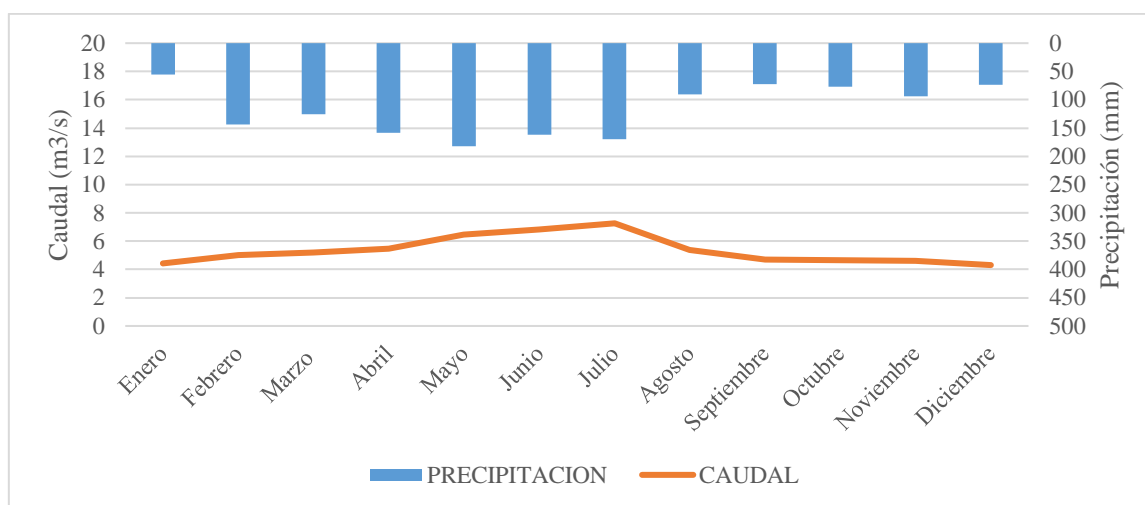


Figura 28. Correlación entre caudal y precipitación mensual de 1995 al 2004

Fuente: INAMHI - EPMAPS

Elaboración propia

El segundo periodo de registro de 1995 al 2004 indican un valor máximo en precipitación de 182.58 mm y con lo que respecta a caudal el valor máximo se encuentra en el de julio con 7,26 m³/s. El caudal para esta escala temporal se mantiene por encima de los 4 m³/s y la precipitación va incrementando con el pasar de tiempo llegando a su nivel máximo en el mes de mayo.

Tabla 15

Datos de precipitación, caudal y estadísticos descriptivos del segundo periodo de 1995 al 2004

| | Precipitación (mm) | Caudal (m ³ /s) | | Precipitación (mm) | Caudal (m ³ /s) |
|------------|--------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------|
| Enero | 55.735 | 4.417 | Mínimo | 55.735 | 4.306 |
| Febrero | 143.971 | 5.031 | Máximo | 182.58 | 7.26 |
| Marzo | 125.29 | 5.19 | Rango | 126.845 | 2.954 |
| Abril | 158.74 | 5.449 | Mediana | 109.43 | 5.111 |
| Mayo | 182.58 | 6.44 | 3° Cuartil | 159.585 | 5.697 |
| Junio | 162.12 | 6.841 | Media | 117.149 | 5.358 |
| Julio | 169.83 | 7.26 | Varianza | 1842.373 | 0.883 |
| Agosto | 90.631 | 5.383 | Desviación típica | 42.923 | 0.94 |
| Septiembre | 72.763 | 4.694 | | | |
| Octubre | 77.088 | 4.67 | | | |
| Noviembre | 93.57 | 4.61 | | | |
| Diciembre | 73.466 | 4.306 | | | |

Elaboración propia

Los registros de precipitación y caudal indican que existe un incremento desde enero hasta julio tanto en precipitación y caudales. Al contrario, se observa que desde agosto hasta diciembre los registros disminuyen y esto es debido a la estacionalidad como también por fenómenos externos.

Se observa que la varianza para el caudal es baja por lo que el rango de datos se encuentra en 2.95. Lo que indica que el error estándar o desviación típica no es grande por lo que los valores se ajustan de mejor manera a una distribución normal. Sin embargo, la varianza y desviación típica en la precipitación son valores elevados, siendo los valores máximos y mínimos quienes magnifican estos valores de variación de datos.

1.1.2.6.3 Tercer periodo del 2005 al 2015

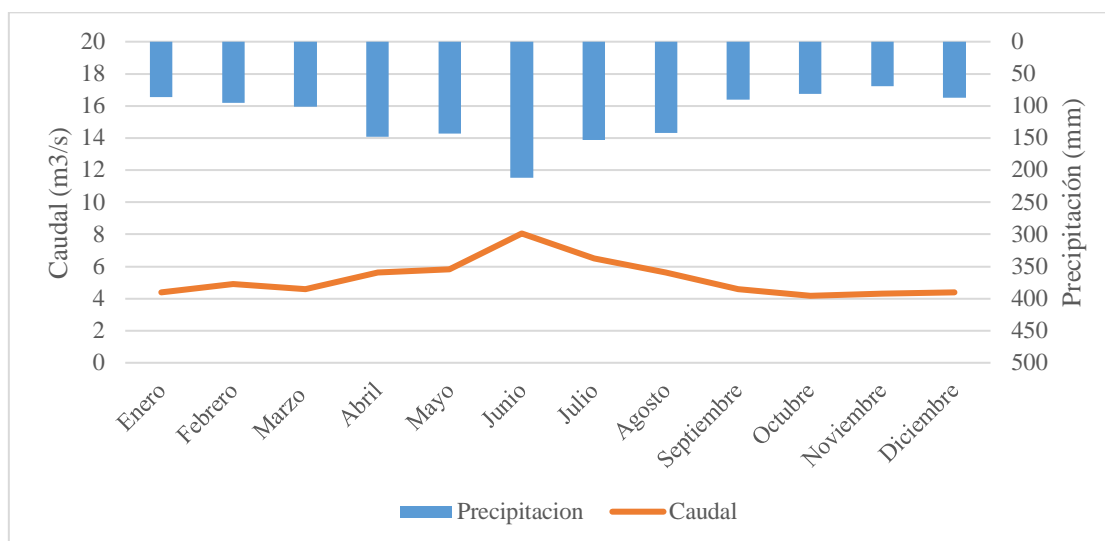


Figura 29. Correlación entre caudal y precipitación mensual del 2005 al 2015

Fuente: INAMHI - EPMAPS

Elaboración propia

El tercer periodo de datos del 2005 al 2015 muestra un valor máximo de precipitación y caudal en el mes de junio siendo 212.073 mm de precipitación y 8.055 m³/s de caudal. Se puede apreciar que a medida que la precipitación aumente el caudal va a seguir la misma tendencia.

Tabla 16

Datos de precipitación, caudal y estadísticos descriptivos del tercer periodo del 2005 al 2015

| | Precipitación (mm) | Caudal (m³/s) | Estadístico | Precipitación (mm) | Caudal (m³/s) |
|------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|
| Enero | 86.709 | 4.375 | Mínimo | 69.027 | 4.173 |
| Febrero | 95.600 | 4.921 | Máximo | 212.073 | 8.055 |
| Marzo | 100.956 | 4.583 | Rango | 143.046 | 3.882 |
| Abril | 147.573 | 5.625 | Mediana | 98.278 | 4.752 |
| Mayo | 143.543 | 5.818 | 3° Cuartil | 144.550 | 5.674 |
| Junio | 212.073 | 8.055 | Media | 117.438 | 5.245 |
| Julio | 152.798 | 6.507 | Varianza | 1614.257 | 1.217 |
| Agosto | 141.978 | 5.607 | Desviación típica | 40.178 | 1.103 |
| Septiembre | 89.770 | 4.582 | | | |
| Octubre | 81.737 | 4.173 | | | |
| Noviembre | 69.027 | 4.291 | | | |
| Diciembre | 87.491 | 4.399 | | | |

Elaboración propia

La precipitación aumenta desde enero hasta junio desde los 86.709 hasta los 212.073 mm para luego ir en descenso desde julio hasta diciembre respectivamente. Para el caso del caudal se mantiene por encima de los 4 m³/s siendo el valor máximo el de

junio con $8.055 \text{ m}^3/\text{s}$ y es el mismo por el cual la varianza para la precipitación se encuentra con un valor elevado de 1614.25 con una desviación típica de 40.178 debido a los valores extremos. Para el caudal es lo contrario ya que la diferencia no es elevada tanto para la varianza como la desviación típica. Así mismo, esto es porque los valores no se encuentran dispersos, sino más bien son valores continuos que responden al principio de la hidrología.

Capítulo segundo

Cambio climático y abastecimiento de agua potable

1. El Cambio Climático y los recursos hídricos

Hoy en día la conexión entre cambio climático y los recursos hídricos ha generado interés en la comunidad científica. Debido a que la disponibilidad de agua es un tema y derecho fundamental para el desarrollo y preservación de cada una de las especies que habitamos el planeta. También para el progreso económico de cada uno de los países tanto desarrollados como los que se encuentran en vías de desarrollo (Bates et al. 2008, 13–24; Vuille 2013, 7–16; Torres-Bagur y Pavón Gamero 2021, 2–7).

La serie de datos o registros hidrológicos, meteorológicos y las proyecciones de los expertos en clima, nos brindan información de que, a futuro, si no se toman medidas de adaptación al cambio climático los recursos hídricos serán los más afectados. Lo que tiene a generar consecuencias para la sociedad, medio ambiente, sectores estratégicos, entre otros que desencadenan en problemas de índole ambiental y social (Bates et al. 2008, 13–24).

A nivel mundial se ha observado que la variabilidad hidrometeorológica tiene cierta incidencia en la aparición de los fenómenos como las inundaciones y sequías. Estas son cada vez más frecuentes y severas con el pasar de los años. La inestabilidad de las variables ambientales genera desequilibrio en el sistema ambiente generando problemas sociales y económicos a grandes escalas como son los daños económicos por pérdidas en sus medios de producción. Lo que conlleva a desequilibrios sociales como ineficiente acceso a la salud, alimentación, educación, entre otros. (Bates et al. 2008, 13–24; Pachauri, Mayer, y Intergovernmental Panel on Climate Change 2015, 9–28).

En América latina la escasez de agua es del 6% en promedio, sin embargo, al hablar de países en concreto se tienen escenarios como en Bolivia que el 54% de la población carece del servicio de agua potable al igual que Haití donde la población que no posee este servicio público corresponde a un 76%.

De la misma manera al hablar de disminución de glaciares se ha evidenciado en la última década retroceso en promedio de aproximadamente 10 km². Lo que conlleva a una degradación de la calidad del agua produciendo efectos negativos en las personas como en el medio ambiente. Debido a la mayor cobertura de vegetación, biodiversidad,

cuerpos hídricos y fuentes de abastecimiento de agua de origen glacial. Por tanto, los efectos asociados al cambio climático ocupan un lugar de alta prioridad para ser solventados en cada nivel de gobierno (Bates et al. 2008, 13–24; Pachauri, Mayer, y Intergovernmental Panel on Climate Change 2015, 9–28).

Los impactos del cambio climático tienden a la debilitación de los beneficios de estos sistemas a nivel mundial como el desarrollo de biodiversidad, agua de buena calidad para consumo y uso agrícola, entre otros. Para el 2050 la comunidad científica estima que la superficie terrestre se encontrara afectada debido al agravamiento de los factores de estrés hídrico. Los países del sur global se verán más afectados debido a su alto nivel de vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático como es el abastecimiento de agua, contaminación de vectores ambientales por desastres naturales, aumento abrupto de la variabilidad climática en zonas consideradas como frágiles, entre otras (Bates et al. 2008, 13–24; Pachauri, Mayer, y Intergovernmental Panel on Climate Change 2015, 9–32).

En Ecuador de igual manera la afección de la variabilidad climática se podría evidenciar en los ecosistemas acuáticos. El cambio climático tiene una incidencia directa en la oferta de agua para todo tipo de uso. La agricultura y el abastecimiento de agua los principales usos para el país. Según el censo del 2010 se considera que el 20% de la población se encuentra enfocado al sector agropecuario y que un 54% se encuentra desarrollando actividades agrícolas. Por ende, el abastecimiento de agua para este sector es de suma importancia a nivel nacional como de igual manera el acceso al abastecimiento del líquido vital (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 17–21).

Si se mantienen las condiciones de creciente contaminación con el pasar de los años serán notorios los cambios en la calidad del agua de los ríos y con mayor intensidad en los ecosistemas costeros, lagos y humedales. Con todo esto es de esperarse diversos cambios en el ciclo hidrológico y con ello la generación de alteraciones en los ecosistemas generando mayor competencia por recursos, nichos ecológicos, entre otros; pero en general afectando al ser humano (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 17–21).

Hoy en día se encuentran en desarrollo propuestas para atenuar la problemática del cambio climático como la estrategia nacional de cambio climático del Ecuador y acuerdos a nivel mundial producidos en las Conferencias de las Partes de cada año. Proyectos de adaptación, son necesarios para el desarrollo sustentable en cada nivel de gobernanza con lo que se obtendrá herramientas necesarias para subsistir en el mundo

contemporáneo (Bates et al. 2008, 17–29; Pachauri, Mayer, y Intergovernmental Panel on Climate Change 2015, 12–18).

2. Amazonia bajo escenarios del AR5

Los escenarios RCP del Quinto informe de evaluación del IPCC, nos muestran un futuro que para los países del norte global son motivo de preocupación. Son un llamado a la toma de decisiones y acciones para controlar, reducir, mitigar los efectos del cambio climático (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 9–13).

Para los países del sur global, se muestran escenarios con mayor impacto a la sociedad y sobre todo con mayores pérdidas para las personas que dependen de la naturaleza para su subsistencia (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 9–13).

En los países del norte global, al tener mayor incidencia ante el cambio climático la sociedad se encuentra ante un proceso constante de generación de resiliencia ante diversas condiciones climáticas. Por lo que se encuentran desarrollando diversas medidas enfocadas a la mitigación de este problema como la reducción del parque automotor de motores de combustión interna, promoviendo el Carbono Cero en las industrias, mayor uso de energías renovables, entre otros (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 9–13).

Los escenarios planteados en el Quinto informe de evaluación del IPCC nos muestran la variabilidad de las variables climáticas como temperatura y precipitación a lo largo de los años hasta el 2100, separados en tres periodos: 2011–2040; 2041–2070 y 2071–2100. Es la región amazónica del Ecuador de igual manera se establece la variabilidad de la precipitación y temperatura a lo largo del periodo del 2011 al 2100 (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 17–21).

Tabla 17

| Anomalía de temperatura media para la región amazónica | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|
| | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2011–2040 | 0.86 °C | 0.90 °C | 0.75 °C | 0.90 °C |
| 2041–2070 | 1.36 °C | 1.78 °C | 1.62 °C | 2.13 °C |
| 2071–2100 | 1.28 °C | 2.32 °C | 2.54 °C | 3.46 °C |

Elaboración propia

Fuente: Armenta, Villa y Jácome, 2016

Tabla 18

| Anomalía de temperatura máxima para la región amazónica | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2011–2040 | 0.79 °C | 0.89 °C | 0.69 °C | 0.94 °C |
| 2041–2070 | 1.21 °C | 1.78 °C | 1.62 °C | 2.59 °C |
| 2071–2100 | 1.16 °C | 2.51 °C | 2.72 °C | 4.47 °C |

Elaboración propia

Fuente: Armenta, Villa y Jácome, 2016

Tabla 19

| Anomalía de temperatura mínima para la región amazónica | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2011–2040 | 0.71 °C | 0.83 °C | 0.7 °C | 0.85 °C |
| 2041–2070 | 0.98 °C | 1.42 °C | 1.36 °C | 1.9 °C |
| 2071–2100 | 1.28 °C | 2.32 °C | 2.54 °C | 3.46 °C |

Elaboración propia

Fuente: Armenta, Villa y Jácome, 2016

Según los escenarios que se muestran en cada una de las tablas, el aumento de la temperatura con el pasar de los años es inminente. Pero al tomar las medidas adecuadas con el pasar de los años, este aumento de temperatura puede ser contenido. Se observa que la temperatura hasta el año 2070 se encuentra dentro del rango establecido por el Acuerdo de París. Sin embargo, a partir del 2071, se puede esperar rebasar el umbral establecido de los 2 °C, por lo que la Tierra se encontrará en un punto de no retorno, con peores problemas asociados al aumento de la temperatura (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 60–89).

Tabla 20

| Cambio porcentual de la precipitación para la región amazónica | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|
| | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2011–2040 | -4.30 % | -3.50 % | 3.00 % | 2.90 % |
| 2041–2070 | -4.30 % | -2.40 % | -4.00 % | -3.10 % |
| 2071–2100 | -2.80 % | -9.50 % | -8.50 % | -3.30 % |

Elaboración propia

Fuente: Armenta, Villa y Jácome, 2016

El cambio porcentual de la precipitación reportada por los escenarios del AR5 del quinto informe de evaluación indican que para la Amazonía oriental los niveles de lluvia disminuyen a excepción de los escenarios RCP 6.0 y RCP 8.5 en el periodo de 2011–2040. Lo que sobresale de la tabla 24, es la reducción porcentual de la precipitación bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 6.0 para el periodo de tiempo del 2071–2100, con reducciones de 8 a 9 % respectivamente (Armenta, Villa, y Jácome 2016, 90–104).

3. La cuenca del río Chalpi Grande bajo escenarios del IPCC – AR5

En base a la anomalía de la temperatura y el cambio porcentual de la precipitación se establecen las características de las variables ambientales bajo los escenarios del AR5. Para los caudales, al ser la precipitación un factor fundamental para esta variable, se calcula el aumento y disminución de los caudales del río Chalpi Grande en base a la precipitación acumulada de cada año de registro. Siendo un modelo estadístico de

regresión lineal el cual relaciona la anomalía del aumento o disminución de la precipitación y lo traduce en caudal en base a los registros históricos de 1985 al 2015.

3.1 Previsión a futuro de variables climáticas de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande desde 1985 al 2100.

3.1.1 Temperatura media

En base a los registros meteorológicos históricos en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande, se realizó la proyección de la temperatura media desde el año 1985 hasta el 2100. Este proceso se lo hizo a través de una regresión lineal (ver Anexo 4) con R^2 de 0.5957 y la ecuación con la que se obtuvo los valores desde el año 2016 al 2100 es $y = 0.0818x - 148.5$.

Con los resultados de la temperatura media se procedió a evaluar los diferentes escenarios del AR5 del IPCC. Con lo que se determinó que la temperatura tiende a aumentar con el pasar de los años con registros de 23,28 °C para el RCP 2.6, siendo este el más bajo. Mientras que el escenario RCP 8,5 obtuvo 26,74 °C. Siendo este el más elevado en todos los RCP evaluados con un aumento máximo para el periodo de los años del 2071 al 2100 de 3,46 °C.

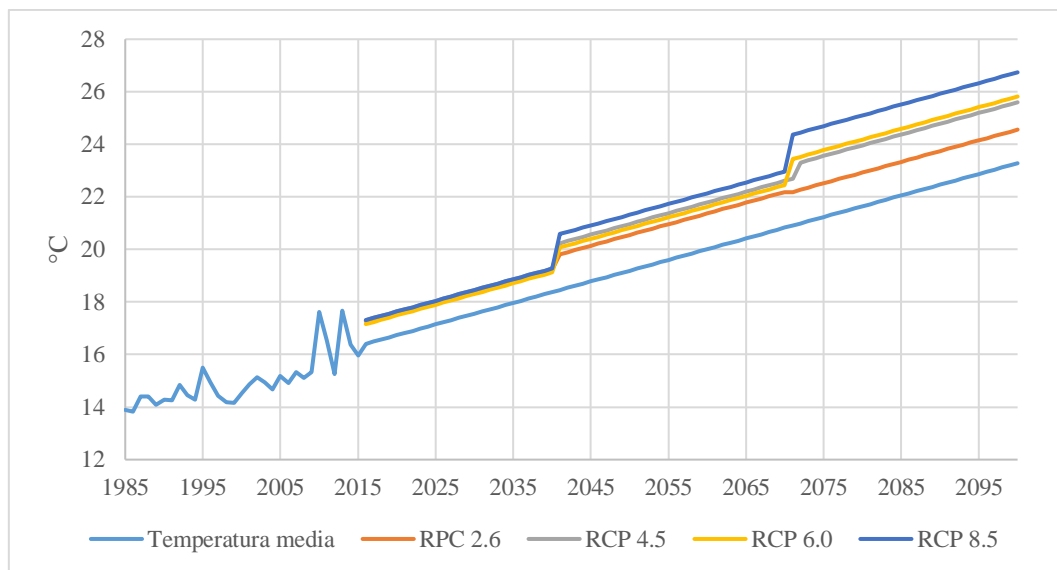


Figura 30. Proyección de temperatura media al año 2100 bajo escenarios del AR5

Fuente: INHAMI – Estación M0188 – Quintana, 2020

Elaboración propia

En la figura 30 se puede apreciar la proyección de la temperatura media en base a los escenarios del AR5 del IPCC. Se observa que el aumento de la temperatura para el primer periodo de los años 2015-2040 se mantiene en una temperatura de 17 a 19 °C. Para

el segundo periodo de los años 2041-2070, se observa que el RCP 2,6 mantiene su tendencia de aumento.

En el periodo de los años 2071-2100 se observa que el RCP 8.5 es el que presenta la mayor temperatura promedio con un valor de 26,74 °C. Al comparar este valor con las proyecciones de la temperatura media, RCP. Se observa que en cada uno de los escenarios es evidente el aumento de la temperatura.

3.1.2 Temperatura máxima

En base a los registros de temperatura máxima en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande, se realizó la proyección desde el año 1985 hasta el 2100. Este proceso se lo hizo a través de una regresión lineal (Ver Anexo 4) con R^2 de 0.5971 y la ecuación con la que se obtuvo los valores desde el año 2016 al 2100 es $y = 0.082x - 148.98$.

Con los resultados de la temperatura máxima se procedió a evaluar los diferentes escenarios del AR5 del IPCC. Con lo que se determinó que la temperatura tiende a aumentar con el pasar de los años con registros de 17,12 °C para el RCP 2,6, siendo este el más bajo. Mientras que el escenario RCP 8,5 obtuvo 27,69 °C. Siendo este el más elevado en todos los RCP evaluados con un aumento máximo para el periodo de los años del 2071 al 2100 de 4,47 °C.

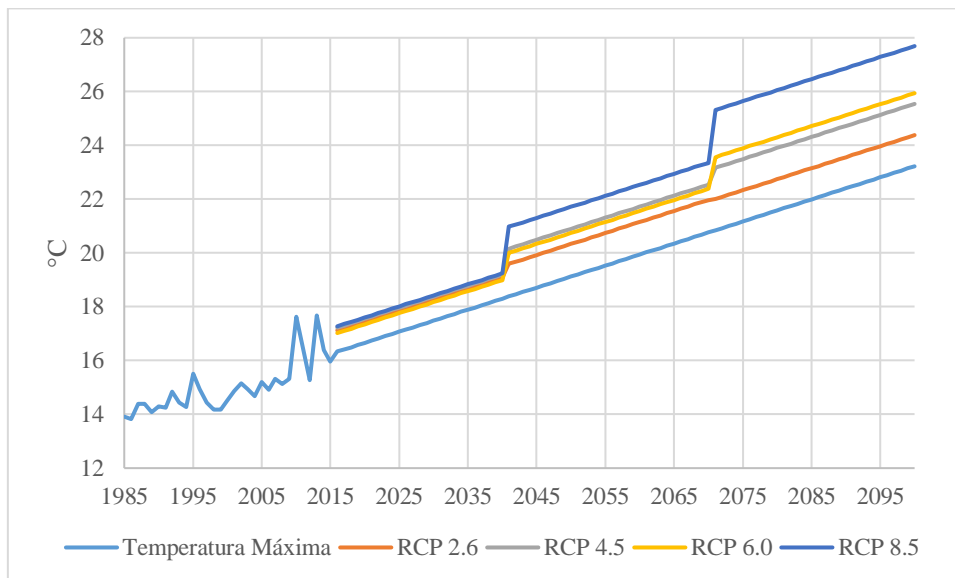


Figura 31. Proyección de temperatura máxima al año 2100 bajo escenarios del AR5

Fuente: INHAMI – Estación M0188 – Quintana, 2020

Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 31, la temperatura más baja fue de 13 °C en el año de 1985 mientras que la mayor registrada fue de 17,67 °C en el año 2010. Se observa que la tendencia de la temperatura con el pasar de los años tiende a aumentar siguiendo las condiciones que se encuentran en la actualidad.

Al ser analizado bajo los RCP se observa que los cuatro escenarios se mantienen entre los 17 °C y los 19 °C. Al cambiar de periodo de los años desde el 2041 al 2070 se observa que existe un incremento que es detallado en la tabla 22. Con lo que se observa el mayor incremento en el escenario RCP 8.5 de 2,59 °C, siendo este el más elevado para este periodo de tiempo. Además, se observa que los escenarios de estabilización se mantienen con una tendencia de aumento sin ser equiparada con el escenario 8.5.

Al considerar el último periodo de tiempo que corresponde a los años del 2071 al 2100, se observa que el escenario 8,5 es el que tiene la mayor temperatura registrada de 28 °C, aproximadamente, siendo esta temperatura equiparada a la región costa. Se observa que los escenarios de estabilización tienden a aumentar. El escenario RCP 2.6 considerado con niveles bajos de concentración de GEI se mantiene con la misma tendencia que el periodo anterior.

3.1.3 Temperatura mínima

En base a los registros de temperatura mínima en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande, se realizó la proyección desde el año 1985 hasta el 2100. Este proceso se lo hizo a través de una regresión lineal con R^2 de 0,1111 siendo este coeficiente el más bajo de todas las temperaturas, debido a la anomalía de la dispersión de los registros de la temperatura mínima. La ecuación con la que se obtuvo los valores desde el año 2016 al 2100 es $y = 0.0096x - 8.7617$ (ver Anexo 4).

Con los resultados de la temperatura mínima se procedió a evaluar los diferentes escenarios del AR5 del IPCC. Con lo que se determinó que la temperatura tiende a aumentar con el pasar de los años con registros de 11,29 °C para el RCP 6.0, siendo este el más bajo. Mientras que el escenario RCP 8.5 obtuvo 14,85 °C. Siendo este el más elevado en todos los RCP evaluados con un aumento máximo para el periodo de los años del 2071 al 2100 de 3,46 °C.

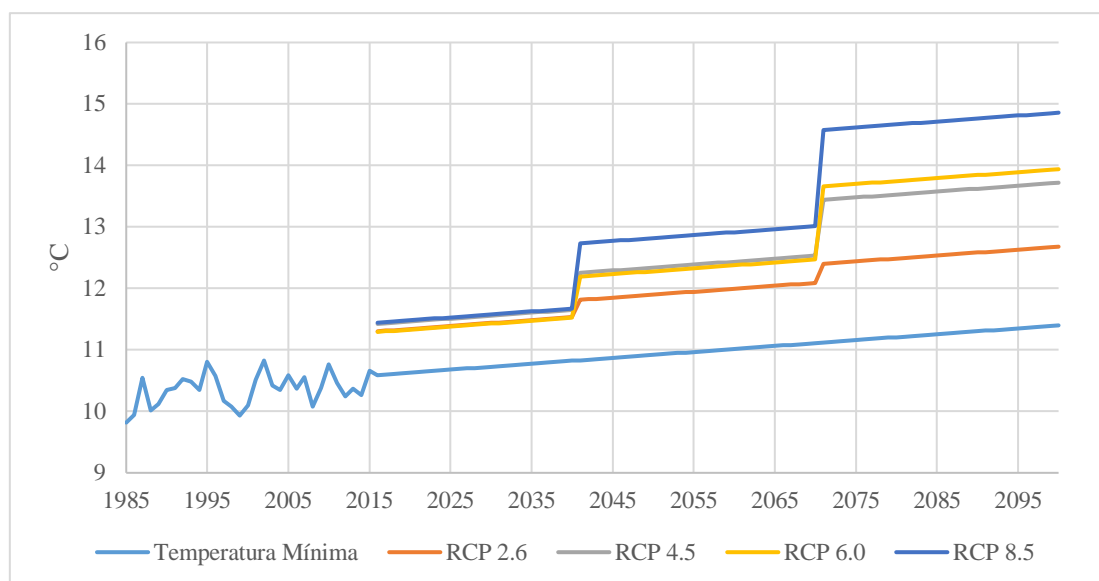


Figura 32. Proyección de temperatura mínima al año 2100 bajo escenarios del AR5

Fuente: INHAMI – Estación M0188 – Quintana, 2020

Elaboración propia

Al observar la figura 32, podemos observar que la tendencia de la temperatura mínima seguirá aumentando con el pasar de los años. Llegando a un valor de 11,40 °C siguiendo la misma tendencia desde los años de 1985 al 2015. Al evaluar la temperatura mínima frente a los escenarios del cambio climático, se ha evidenciado que tiende a un aumento de temperatura frente a los registros históricos.

En el segundo periodo de tiempo desde los años del 2041 al 2070, se espera un aumento de la temperatura mínima en cada escenario, mostrando una mayor variabilidad frente a los registros históricos, siendo la más baja la del RCP 2,6 con 0,98 °C frente al RCP 8,5 con un aumento de 1,9 °C.

En el tercer periodo de tiempo de 2071 al 2100, se observa el mismo fenómeno que el del periodo anterior. La tendencia de cada uno de los RCP aumenta de la misma manera. La anomalía de que el periodo de estabilización creciente o RCP 6.0 tiende a aumentar frente al periodo de estabilización RCP 4.5. Con una anomalía esperada para este periodo con un aumento de 0,22 °C del RCP 6,0 frente al 4,5.

Se tiene que el mayor aumento se da en el escenario 8,5 correspondiente al escenario con un nivel elevado de concentración de GEI con un aumento de 3,48 °C para todo el tercer periodo.

3.1.4 Precipitación acumulada

Con base en los registros históricos de precipitación en la zona de la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande, se realizó la proyección desde el año 1985 hasta el 2100. Este proceso se lo hizo a través de una regresión lineal con R^2 de 0,1137, debido a la dispersión de los registros de la precipitación en la cuenca y sus alrededores. La ecuación con la que se obtuvo los valores desde el año 2016 al 2100 es $y = 10.345x - 19328$ (ver Anexo 4).

Con los resultados de la precipitación acumulada se procedió a evaluar los diferentes escenarios del AR5 del IPCC. Con lo que se determinó que la precipitación posee una tendencia de aumento con respecto a los registros históricos desde los años de 1985 al 2015.

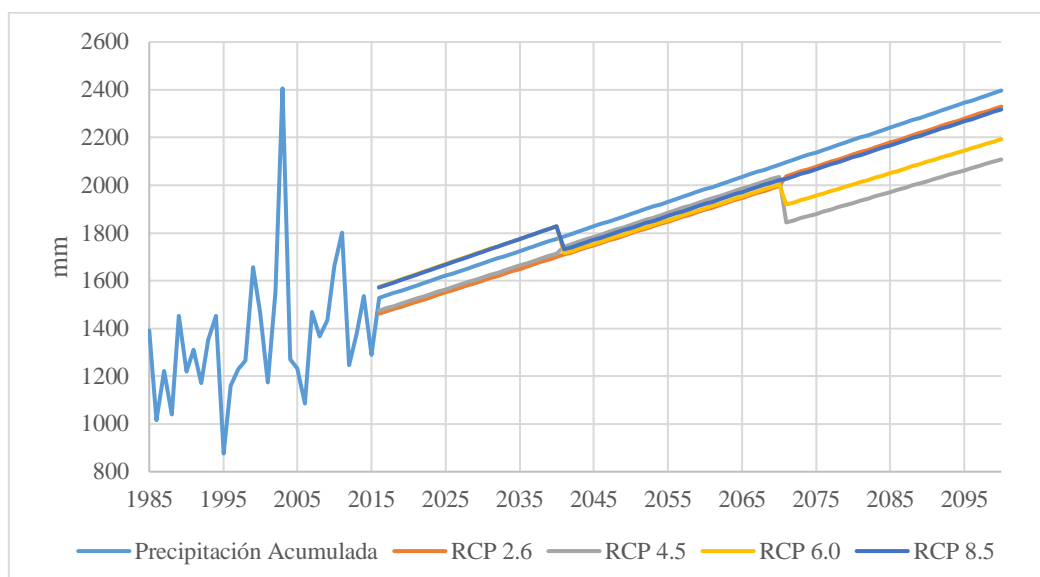


Figura 33. Proyección de precipitación acumulada al año 2100 bajo escenarios del AR5
Fuente: INHAMI – Estación M0188 – Quintana, 2020
Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 33, los registros históricos de la precipitación acumulada desde los años de 1985 al 2015, y la proyección desde el 2016 al 2100, siendo evaluados en tres periodos de tiempos según los escenarios del AR5 del IPCC.

Para el primer periodo de tiempo desde los años de 2016 al 2040, se observa que la precipitación tiene la tendencia de aumentar con el pasar del tiempo, sin embargo, se destaca que para los escenarios RCP 2.6 y 4.5 se espera una reducción de la precipitación del 4.30 % y 3.50 % respectivamente. Suponiendo el aumento súbito de temperatura afectando al ciclo hidrológico de las lluvias. Los otros escenarios RCP 6.0 y 8.5 en cambio

tienen un crecimiento del 3.00 % y 2.90 % siendo esto por la tasa de incremento de GEI en cada uno de estos escenarios.

El segundo periodo de tiempo que corresponde para los años de 2041 al 2070, se espera descenso en la precipitación acumulada en cada uno de los cuatro escenarios evaluados. El RCP 2,6 se mantiene constante con el primer periodo, pero, al contrario, pasa con el RCP 6,0, que al compararlo con el periodo anterior mantendrá una reducción del 4,00 % de la precipitación del lugar siendo este escenario de estabilización de crecimiento el que mayor reducción de precipitación tendrá en estos años.

El periodo desde el 2071 al 2100 se observa la misma tendencia de aumento de las precipitaciones, tomando en cuenta que para los diferentes escenarios se considera reducciones de esta variable siendo el RCP 4,5 y 6,0 los que presentan una mayor disminución del 9,50 % y 8,50 %, mientras que los otros dos escenarios se mantienen con una reducción similar al periodo pasado.

Al suponer que las condiciones climáticas para los tres periodos de tiempo van a variar, al ser la temperatura la variable que desencadena el desequilibrio entre las interacciones del caudal con las precipitaciones. Se puede esperar que de esta variable sea la causante para la reducción de la precipitación.

3.1.5 Caudal

Al no constar la afección directa a los niveles de caudales, se realizó una relación entre la precipitación y los caudales medidos en el río Chalpi Grande. Y se estableció una correlación lineal para la proyección de registros hasta el 2100. Dicha correlación obtuvo un R^2 de 0,1024 y la ecuación con la cual se obtuvieron los registros de caudales desde el 2016 al 2100 fue en base a $y = -0.0131x - 31.618$ (ver Anexo 4).

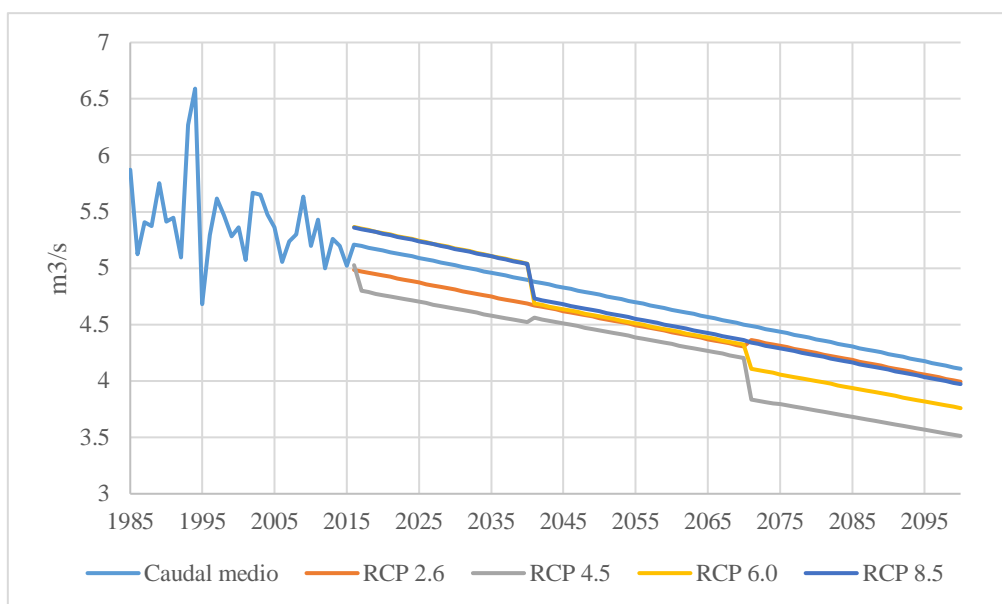


Figura 34. Proyección del caudal medio del río Chalpi Grande al año 2100 bajo escenarios del AR5

Fuente: INHAMI – Estación M0188 – Quintana, 2020

Elaboración propia

En la figura 34 se observa que los registros históricos del caudal desde los años de 1985 al 2015 ha presentado una disminución del mismo. Por lo que a futuro se puede prever que el caudal del río Chalpi Grande tienda a disminuir, por acciones relacionadas al cambio climático, como también a las actividades antropogénicas.

Para el primer periodo de los años 2016 al 2040 se observa diferentes comportamientos para cada uno de los escenarios. Esto es debido a la relación realizada entre las proyecciones de la precipitación con la proyección al 2100 de caudales en base a la regresión lineal realizada. Siendo la tendencia más baja en los RCP 4.5 presentando caudales de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el segundo periodo correspondiente a los años 2041 al 2070, se puede apreciar una mayor reducción del RCP 8.5. Al interpolar con las proyecciones de precipitación guardan relación debido al descenso de lluvias por ende el desnivel del caudal del río de igual manera tiende a disminuir. El mismo caso se observa en los demás RCP, que al comparar con la precipitación tienden a mantenerse con una mínima reducción guardando concordancia con los resultados planteados en la proyección de lluvias.

En el tercer periodo de tiempo de los años de 2071 al 2100 se observa el mismo comportamiento que con la precipitación. Los escenarios RCP 6.0 y 4.5 presentan la menor cantidad de caudal con respecto a los demás escenarios como paso de igual manera con la precipitación.

Las proyecciones de la precipitación y el caudal guardan relación entre los escenarios del AR5. La reducción del caudal como de las precipitaciones para los años venideros se convertirán en un problema, que no solo afectara al medio ambiente, sino a todos los sectores y personas que forman parte de la Cuenca del río Chalpi Grande.

4. Oferta y Demanda hídrica de Papallacta y Cuyuja

Los registros de caudales multianuales para el periodo de 1985 al 2015 muestran que el mes de marzo presento el caudal más bajo con un valor de 2,2 m³/s. El mes de junio presentó el caudal más alto en el total de registros con un valor de 13,16 m³/s.

Tabla 21
Caudales de registros mensuales históricos de 1985 al 2015. Presentados en m³/s.

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Medio | 4.2 | 5 | 5.3 | 5.5 | 6.2 | 7.27 | 7.1 | 5.6 | 4.8 | 4.4 | 4.5 | 4.1 |
| Mín | 2.8 | 2.8 | 2.2 | 3.8 | 4.35 | 5.01 | 4.4 | 4 | 2 | 3.3 | 2.8 | 2.8 |
| Max | 7.6 | 8 | 7.3 | 9.1 | 9.57 | 13.2 | 10 | 9.7 | 7.8 | 6.3 | 6.5 | 7.1 |

Fuente: EPMAAPS; Estación P46 Chalpi Grande

Elaboración propia

4.1 Oferta hídrica

Para el cálculo de la oferta hídrica de acuerdo a (Díaz y Alarcón 2018, 65–67) se debe tener en cuenta la reducción por la calidad del agua que es del 25 % y de igual manera la reducción por el caudal ecológico que es del 25 %. Por lo que la oferta hídrica se puede expresar en base a: $Oferta\ hídrica = x * (1 - 0.25 - 0.25)$

De acuerdo con la tabla 25 se observa que desde mayo a julio hay un ligero aumento en la oferta hídrica, mientras que en los meses de noviembre a enero la oferta hídrica tiende a ser más baja con valores menores a 3 m³/s.

Tabla 22
Oferta hídrica promedio disponible de río Chalpi Grande

| | Caudal medio multianual m ³ /s | Oferta hídrica aprovechable m ³ /s |
|------------|--|--|
| Enero | 4.19 | 2.095 |
| Febrero | 4.96 | 2.48 |
| Marzo | 5.31 | 2.655 |
| Abril | 5.53 | 2.765 |
| Mayo | 6.2 | 3.1 |
| Junio | 7.27 | 3.635 |
| Julio | 7.06 | 3.53 |
| Agosto | 5.6 | 2.8 |
| Septiembre | 4.84 | 2.42 |
| Octubre | 4.35 | 2.175 |
| Noviembre | 4.53 | 2.265 |
| Diciembre | 4.13 | 2.065 |

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande
 Elaboración propia

4.2 Demanda hídrica

La demanda del recurso hídrico del río Chalpi Grande es agropecuario, doméstico y turístico. La demanda hídrica tiene una relación directa con la demografía de las comunidades. Se escoge la dotación domestica del agua de 140 l/hab/día, como lo establece (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2009, 1096:1–2) con respecto a los niveles de dotación domestica del recurso hídrico en base a los climas. Debido a que la zona se encuentra en un clima frío y/o templado y al ser evaluado hasta el 2100, se ocupa la dotación más alta debido al crecimiento poblacional de las parroquias.

La proyección de la población de las parroquias de Papallacta y Cuyuja fueron realizadas en base a una regresión lineal con un R^2 de 0.9934 y una ecuación para la proyección $y = 0.0458x - 89.584$ con lo que se obtuvo la población esperada para las parroquias.

Tabla 23
Proyección al 2100 de consumo de agua de la población de Papallacta y Cuyuja

| Año | Población Papallacta y Cuyuja | Consumo l/s | Consumo m ³ /día |
|------|-------------------------------------|-------------|--------------------------------|
| 1985 | 846 | 1.371 | 118.44 |
| 1990 | 920 | 1.491 | 128.8 |
| 1995 | 1129 | 1.829 | 158.06 |
| 2000 | 1270 | 2.058 | 177.8 |
| 2001 | 1350 | 2.188 | 189 |
| 2005 | 1411 | 2.286 | 197.54 |
| 2010 | 1534 | 2.486 | 214.76 |
| 2015 | 1699 | 2.753 | 237.846 |
| 2020 | 1841 | 2.982 | 257.678 |
| 2025 | 1982 | 3.212 | 277.512 |
| 2030 | 2124 | 3.441 | 297.344 |
| 2035 | 2266 | 3.671 | 317.177 |
| 2040 | 2407 | 3.901 | 337.009 |
| 2045 | 2549 | 4.13 | 356.842 |
| 2050 | 2691 | 4.36 | 376.675 |
| 2055 | 2832 | 4.589 | 396.508 |
| 2060 | 2974 | 4.819 | 416.34 |
| 2065 | 3116 | 5.048 | 436.173 |
| 2070 | 3257 | 5.278 | 456.005 |
| 2075 | 3399 | 5.507 | 475.838 |
| 2080 | 3541 | 5.737 | 495.671 |
| 2085 | 3682 | 5.966 | 515.504 |
| 2090 | 3824 | 6.196 | 535.336 |
| 2095 | 3965 | 6.426 | 555.169 |
| 2100 | 4107 | 6.655 | 575.002 |

Fuente: EPMAPS; INEC
 Elaboración propia

Como se puede observar la demanda hídrica para las parroquias cercanas a la cuenca del río Chalpi Grande se establece que el consumo por las dos parroquias es menor a 6.65 l/s. Siendo la población proyectada para las dos parroquias de 4107 habitantes quienes tienen un consumo de 575 m³/s al 2100.

5. Oferta y Demanda Distrito Metropolitano de Quito en base a la captación del río Chalpi Grande

El sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Quito depende de cuatro sistemas integrados. La captación del río Chalpi Grande es una de las más nuevas que aporta 2,2 m³/s de agua cruda al sistema integrado Papallacta. El agua cruda es

bombeara hasta la planta de tratamiento Bellavista y luego es distribuida a las viviendas del norte de la ciudad.

Para el año 2100 se tendrá un caudal del río Chalpi Grande de 3,82 m³/s, siendo este el caudal promedio. Al analizar las proyecciones de los escenarios del AR5 se observa que, para el RCP 6.0 y 8.5 considerado los escenarios con mayor concentración de emisiones de GEI muestra que para el año 2100, el caudal del río se encontraría en 3,49 m³/s, que al compararlo con el caudal del año 1985 ha sido reducido en 40,54 %.

5.1 Oferta hídrica

La oferta hídrica que se pone a consideración en base al río Chalpi Grande se presentan los caudales medios, que desde el año de 1985 al 2015 son en base a los registros históricos. Mientras que desde el 2020 al 2100 son tomados de la proyección realizada al caudal medio como se puede observar en la figura 36 con la ecuación $y = -0.0131x - 31.618$.

La oferta hídrica disponible se presenta en base a la metodología de Diaz y Alarcón, 2018. La cual fue presentada en la sección 4.1 del presente capítulo.

Tabla 24
Proyección al 2100 de la oferta hídrica del río Chalpi Grande para el abastecimiento al Sistema Integrado Papallacta

| Año | Caudal medio anual m ³ /s | Oferta hídrica disponible m ³ /s |
|------|--------------------------------------|---|
| 1985 | 5.872 | 2.936 |
| 1990 | 5.41 | 2.705 |
| 1995 | 4.681 | 2.3405 |
| 2000 | 5.363 | 2.6815 |
| 2005 | 5.36 | 2.68 |
| 2010 | 5.197 | 2.5985 |
| 2015 | 5.019 | 2.5095 |
| 2020 | 5.156 | 2.578 |
| 2025 | 5.091 | 2.5455 |
| 2030 | 5.025 | 2.5125 |
| 2035 | 4.96 | 2.48 |
| 2040 | 4.894 | 2.447 |
| 2045 | 4.829 | 2.4145 |
| 2050 | 4.763 | 2.3815 |
| 2055 | 4.698 | 2.349 |
| 2060 | 4.632 | 2.316 |
| 2065 | 4.567 | 2.2835 |
| 2070 | 4.501 | 2.2505 |

| | | |
|------|-------|--------|
| 2075 | 4.436 | 2.218 |
| 2080 | 4.37 | 2.185 |
| 2085 | 4.305 | 2.1525 |
| 2090 | 4.239 | 2.1195 |
| 2095 | 4.174 | 2.087 |
| 2100 | 4.108 | 2.054 |

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande
Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 24, la oferta hídrica disponible podrá abastecer los 2.2 m³/s al Sistema Integrado Papallacta (SIP) hasta el año 2077, con una oferta hídrica disponible de 2.204 m³/s. Con esto se puede predecir que el Ramal Chalpi Grande como alimentador de agua cruda al Sistema Papallacta para un mediano plazo puede seguir rindiendo, sin embargo, a partir del 2078 la EPMAPS debe continuar con el desarrollo de su plan maestro para alimentar y con ello solventar la demanda del Distrito Metropolitano de Quito.

Al evaluar la oferta hídrica con respecto a los escenarios del IPCC se obtiene:

Tabla 25
Oferta hídrica bajo escenarios del AR5 con proyección del 2020 al 2100

| Año | Oferta hídrica disponible m ³ /s RCP 2.6 | Oferta hídrica disponible m ³ /s RCP 4.5 | Oferta hídrica disponible m ³ /s RCP 6.0 | Oferta hídrica disponible m ³ /s RCP 8.5 |
|------|---|---|---|---|
| 2020 | 2.467 | 2.381 | 2.655 | 2.653 |
| 2025 | 2.436 | 2.351 | 2.622 | 2.619 |
| 2030 | 2.404 | 2.32 | 2.588 | 2.585 |
| 2035 | 2.373 | 2.29 | 2.554 | 2.552 |
| 2040 | 2.342 | 2.26 | 2.52 | 2.518 |
| 2045 | 2.31 | 2.255 | 2.318 | 2.339 |
| 2050 | 2.279 | 2.224 | 2.286 | 2.308 |
| 2055 | 2.248 | 2.194 | 2.255 | 2.276 |
| 2060 | 2.216 | 2.163 | 2.223 | 2.244 |
| 2065 | 2.185 | 2.133 | 2.192 | 2.212 |
| 2070 | 2.154 | 2.102 | 2.16 | 2.181 |
| 2075 | 2.156 | 1.896 | 2.029 | 2.145 |
| 2080 | 2.124 | 1.868 | 1.999 | 2.113 |
| 2085 | 2.092 | 1.84 | 1.969 | 2.081 |
| 2090 | 2.06 | 1.812 | 1.939 | 2.05 |
| 2095 | 2.028 | 1.784 | 1.909 | 2.018 |
| 2100 | 1.996 | 1.756 | 1.879 | 1.986 |

Fuente: EPMAPS; Estación P46 Chalpi Grande; Armenta et al, 2016
Elaboración propia

Para cada escenario del IPCC se observa que para los años de 2055 al 2065 la alimentación que brinda la cuenca del río Chalpi Grande al Sistema Integrado Papallacta va a ser los últimos años que cuenten con una oferta hídrica disponible de 2.2 m³/s. Al compararla oferta hídrica disponible con la generada a partir del caudal medio, los escenarios del AR5 pueden adelantar la necesidad de buscar una nueva fuente de abastecimiento de líquido vital para la población del Distrito Metropolitano de Quito.

5.2 Demanda hídrica

La población del DMQ va en un constante aumento, siendo este crecimiento poblacional un problema enfocado en los recursos que necesita la población para su desarrollo y vida, como es la necesidad de cubrir la alimentación, salud pública, agua potable entre otros. Al ser el agua potable un pilar en las necesidades humanas se tiene que la EPMAPS debe asegurar las suficientes fuentes de captación del líquido vital.

El cambio climático, las actividades antrópicas, la pérdida de cobertura vegetal, entre otros factores que a corto, mediano y largo plazo van a desencadenar una baja calidad de agua, problemas en la salud humana y pérdidas a los sectores que generan rédito económico a la población.

Esto va a generar que la población tienda a consumir más recursos naturales hasta llegar a un punto de no retorno el cual va a generar falencias en cada uno de los sectores económicos, sociales y ambientales.

Según el censo del 2010 realizado la población total de Quito se encuentra en 2.239.191 habitantes. La demanda hídrica cubierta por la EPMAPS es del 98,56 % de agua potable en el DMQ.

La siguiente tabla muestra la proyección de la población de la ciudad de Quito y su consumo de agua hasta el 2100, La dotación es de 250 l/hab/día, esto debido a que es un nivel alto que posee condiciones climáticas entre frío y/o cálido hasta el año 2069. A partir del año 2070 se toma la dotación de 270 l/hab/día (EPMAPS 2011, 63).

Tabla 26
Proyección de la población de Quito y consumo de agua hasta el año 2100

| Año | Población Quito | Consumo l/día | Consumo l/s | Consumo m3/s |
|------|--------------------|------------------|----------------|-----------------|
| 1990 | 1409845 | 352461250 | 4079.413 | 4.079 |
| 2010 | 2319671 | 579917750 | 6712.011 | 6.712 |
| 2015 | 2551721 | 637930250 | 7383.452 | 7.383 |
| 2020 | 2781641 | 695410250 | 8048.73 | 8.049 |
| 2025 | 3013529 | 753382250 | 8719.702 | 8.72 |
| 2030 | 3244726 | 811181500 | 9388.675 | 9.389 |
| 2035 | 3475922 | 868980500 | 10057.645 | 10.058 |
| 2040 | 3707119 | 926779750 | 10726.617 | 10.727 |
| 2045 | 3938316 | 984579000 | 11395.59 | 11.396 |
| 2050 | 4169512 | 1042378000 | 12064.56 | 12.065 |
| 2055 | 4400709 | 1100177250 | 12733.533 | 12.734 |
| 2060 | 4631906 | 1157976500 | 13402.506 | 13.403 |
| 2065 | 4863102 | 1215775500 | 14071.476 | 14.071 |
| 2070 | 5094299 | 1375460730 | 15919.684 | 15.92 |
| 2075 | 5325488 | 1437881760 | 16642.15 | 16.642 |
| 2080 | 5556677 | 1500302790 | 17364.616 | 17.365 |
| 2085 | 5787866 | 1562723820 | 18087.081 | 18.087 |
| 2090 | 6019055 | 1625144850 | 18809.547 | 18.81 |
| 2095 | 6250244 | 1687565880 | 19532.013 | 19.532 |
| 2100 | 6481433 | 1749986910 | 20254.478 | 20.254 |

Fuente: EPMAPS; INEC
 Elaboración propia

Como se puede apreciar la proyección de la demanda hídrica para Quito para el 2100 va a requerir 20254 l/s, que, al comparar con las proyecciones realizadas por la EPMAPS al iniciar el proceso de la financiación, construcción de nuevos proyectos de captación se tiene que para el 2040 proyectaban una demanda de 13036 l/s (EPMAPS 2011, 21–23). Esto hace que las proyecciones de la EPMAPS sean ambiciosas en el sentido de que deben cubrir la mayor demanda posible con el pasar de los años para el abastecimiento de agua para el DMQ.

Capítulo tercero

Percepción y gestión para la conservación de la cuenca del río Chalpi Grande

El presente capítulo muestra un conflicto entre las parroquias las comunidades rurales y la ciudad de Quito por el uso del agua para abastecimiento a la capital y la percepción que tiene la población con respecto al cambio climático.

1. Antecedentes del Acoplamiento del Sistema Papallacta – Chalpi Grande a la EPMAPS

La EPMAPS toma como única opción el proyecto de ríos orientales para así de esta manera atender la demanda del Distrito Metropolitano de Quito durante el presente siglo. Las fuentes del proyecto Ríos Orientales nacen en los páramos orientales de la cordillera central de Los Andes, con la conducción que inicia en las faldas del Cotopaxi con el embalse Tamboyacu y se extiende a lo largo de 116 km hasta llegar al DMQ.

En el crecimiento constante de la población del DMQ las autoridades tanto del medio ambiente como la agencia de agua de Quito en 1987 autorizan el aprovechamiento de 3.20 m³/s del río Chalpi Grande, entre otros, para ejecutar el Proyecto Papallacta para de esta manera atender la demanda creciente del norte de Quito.

En 1990 se construye el proyecto Papallacta que fueron 600 m de bombeo. Para este proyecto se utilizó como fuentes hídricas a los ríos Papallacta, Tuminguina y Blanco Chico, para un caudal de diseño total de 3m³/s. Al observar que la demanda de esos años fue atendida, el uso del río Chalpi Grande queda en reserva para el futuro.

Para el 2010 la EPMAPS vuelve a tener problemas en el abastecimiento de la ciudad por lo que se vuelve a tomar el proyecto de ríos orientales. Este proyecto es la única opción que tiene el DMQ para atender las necesidades de agua potable y aquí se ratificó la construcción del ramal Chalpi Grande como primera etapa del proyecto.

2. Contexto de la conflictividad Hídrica Local

La cantidad de agua en el Ecuador, tanto en época lluviosa (430000 Hm³) como en época seca (146000 Hm³), numéricamente podría cubrir la demanda del país. El consumo anual de agua en el Ecuador se estima alrededor de los 9700 Hm³ a simple vista se podría concluir que al Ecuador le sobra el recurso hídrico para consumir. Sin embargo,

el acaparamiento del recurso, la inequidad en el reparto, la ineficiencia en el uso, la contaminación y los efectos del cambio climático hacen que varios sectores se encuentren sufriendo de desabastecimiento.

Según la autoridad única del agua en el Ecuador (2008), esta realidad ha provocado más de 40000 casos de conflictos en procesos judiciales por el uso del agua. Estos conflictos se encuentran hoy en día con mayor frecuencia debida a la paulatina aparición de estrés y crisis hídrica en todo el país. Es necesario plantear soluciones a la problemática del agua que conlleve a una mejora en términos de calidad, equidad y justicia tanto para grandes como pequeñas ciudades y comunidades.

La construcción social de jerarquía de Quito sobre las necesidades de otras poblaciones. Ha desencadenado una centralización y acaparamiento de los recursos para tratar de solventar las necesidades de la población de la capital. Con el pasar de los años se ha demostrado que bajo una tendencia creciente de población los recursos son escasos. De ahí nace la necesidad de buscar nuevas fuentes de abastecimiento para poder solventar las necesidades de la población de una ciudad, dejando a minorías son el acceso por dicho acaparamiento.

Esta focalización en los recursos para la capital deja a varias comunidades mayormente rurales sin o con un limitado de acceso a estos recursos. El caso de este estudio indica el conflicto generado por el recurso hídrico para la conducción desde la provincia amazónica del Napo hasta la capital del Ecuador.

Con el pasar de los años, la EPMAAPS ha realizado varios estudios que indican la creciente demanda del recurso hídrico para la capital. La empresa de agua potable de Quito ha venido desarrollando varios proyectos de abastecimiento, siendo dos de los principales el Sistema La Mica – Quito Sur y el Sistema Integrado Papallacta ubicados en la provincia del Napo. Estos sistemas inyectan 4450 l/s al sistema de abastecimiento de agua a la capital. Al comparar con los otros dos sistemas, quienes aportan 950 l/s frente a los 4450 l/s se observa una desigualdad en términos de conflictividad hídrica y de territorio.

3. Población frente a la percepción de la variabilidad hidrometeorológica

Se realizó encuestas para conocer la percepción de la población en torno a los conflictos por daños ambientales y acaparamiento de recursos producidos por empresas pública. Además del conocimiento de la población frente al cambio climático y como este problema puede desarrollar afecciones a las poblaciones.

Para el desarrollo de esta investigación tras analizar los futuros escenarios para el abastecimiento de agua para la ciudad de Quito, la población de las parroquias de Papallacta y Cuyuja buscan preservar sus recursos en torno al desarrollo de medidas propuestas que se dieron a conocer en el desarrollo de 150 encuestas realizadas en las dos parroquias. Por motivo de la pandemia producido por el COVID-19 se realizaron de manera telemática a través de encuestas por formularios en línea y muy pocas realizadas en campo. (ver Anexo 10).

Las encuestas tuvieron dos sesgos en género y escolaridad de las personas encuestadas para poder conocer desde diferentes puntos de vista la percepción de la población en diferentes aspectos.

3.1 Encuestas por genero

Del total de 150 encuestados 76 fueron hombres y 74 mujeres. Estos en su totalidad han escuchado hablar sobre el cambio climático y consideran que se produce tanto por actividades antrópicas como propias de la naturaleza. De las 150 personas 14 consideran que el cambio climático no les afectaría debido a la ubicación y los grandes recursos que tiene el país.

Al hablar de la conflictividad que tiene las parroquias de Papallacta y Cuyuja frente a la EPMAPS de Quito se observa el descontento por el uso de recursos hídricos locales para el abastecimiento a la capital. De los 76 hombre encuestados 39 respondieron que no se encuentran de acuerdo con el uso de ríos amazónicos para el abastecimiento a la capital; 22 personas que si se encuentran de acuerdo y 15 personas de manera indiferente.

En el caso de las mujeres se observa el mismo malestar frente a la EPMAPS con 34 personas que no se encuentran de acuerdo; 22 personas que si se encuentran conformes y 18 personas de manera indiferente frente a este tema.

Con los resultados obtenidos 74 hombres y 74 mujeres afirman que el recurso hídrico si se vería afectado por el cambio climático. Por lo que se pretende la generación de mayor información y educación ambiental, alianzas estratégicas entre instituciones públicas y gobiernos locales y generación de zonas de protección para la conservación de los recursos hídricos.

En este sesgo de genero la responsabilidad de diligenciar el problema del conflicto entre las parroquias con Quito y la conservación de los recursos hídricos según la población recae en los gobiernos locales, instituciones públicas y en la población en general.

3.2 Encuestas por escolaridad

La escolaridad se midió en los cuatro niveles de educación: primaria, secundaria, tercer nivel y cuarto nivel.

Las personas que tiene terminada la primaria como única educación fueron 13 personas. Todas había escuchado hablar sobre el cambio climático y en su mayoría (8 personas) afirmaban que se debe a las actividades antrópicas como a los procesos naturales del planeta. Las 13 personas confirmaron que se verían afectados por el cambio climático a futuro si no se llegase a tomar medidas para prevenir el problema.

Al abordar el tema del conflicto entre los territorios por los recursos hídricos 12 personas no están de acuerdo que la empresa de agua potable de Quito tome de sus fuentes para abastecer a la ciudad, mientras que una persona se encuentra indiferente sobre este tema.

Por tanto, las 13 personas creen que el agua se vería afectada por el cambio climático a futuro si no se toman las medidas adecuadas para la conservación.

De 150 personas encuestadas 18 de ellas terminó su educación en la secundaria y estas respondieron que todas había escuchado hablar sobre el cambio climático y la mitad de estas creen que es producido únicamente por las actividades antrópicas, mientras que 6 acoplan a esta respuesta los procesos naturales.

De las 18 personas 15 creen que si se verían afectados por el cambio climático en diferentes circunstancias de su vida como en la salud, economía, agua, entre otros. Por lo tanto, 11 personas no están de acuerdo en el conflicto entre las parroquias y la empresa de agua potable de Quito por las fuentes de abastecimiento; 4 se encuentran de acuerdo y 3 personas se mantienen indiferente sobre el tema. Por tanto 17 personas creen que el agua se vería comprometida por el cambio climático, como también por los problemas generados por el hombre.

El tercer nivel de educación fue el que mayor encuestados obtuvo con 103 personas de las cuales el total si había escuchado sobre el cambio climático, de las cuales 54 personas atribuyen que el cambio climático es causado por las actividades antrópicas y los procesos naturales del planeta y 42 personas por actividades antrópicas solamente.

De las 104 personas encuestadas 94 afirman que el cambio climático les podría afectar de alguna manera, siendo las principales en la salud, alimentación y economía en general.

En el conflicto existente entre las parroquias y la empresa de agua potable de Quito se observa el descontento de 39 personas que no están de acuerdo que la EPMAPS tome

sus fuentes de abastecimiento de río amazónicas. Mientras que, 37 personas si se encuentran de acuerdo y 27 personas se encuentran indiferentes ante este tema. Sin embargo, 100 personas encuestadas afirman que el agua podría verse comprometida a futuro por los problemas del cambio climático en general.

En el último nivel de la educación 16 personas cuentan con títulos de cuarto nivel, las cuales todas han escuchado hablar sobre el cambio climático. De las cuales 10 aseveran que es producto de las actividades antrópicas y 6 de que es producto de más actividades antrópicas en conjunto con los procesos naturales del planeta.

De los 16 encuestados, 14 personas indican que si se verían afectados por el cambio climático en su vida futura con problemas de salud, economía, desastres naturales, entre otros.

De estos encuestados 10 personas no se encuentran de acuerdo que se usen los ríos amazónicos para el abastecimiento de agua a la población de la ciudad de Quito; 3 personas si se encuentran de acuerdo y otras tres son indiferentes con el tema. Ante estos resultados los 16 encuestados creen que a futuro el agua si se vería comprometida ante el cambio climático para el abastecimiento y los diferentes usos que se le da a la misma.

En el sesgo de la educación en cada nivel detallan los problemas que la gente espera que suceda a futuro respecto al cambio climático entre ellos el tema de salud pública, alimentación, economía es entre las respuestas más repetitivas.

Por lo que se prevé la generación de mayor información y educación ambiental, alianzas estratégicas entre instituciones públicas y gobiernos locales y generación de zonas de protección para la conservación de los recursos hídricos.

Al igual que en el sesgo de genero la responsabilidad de diligenciar el problema del conflicto entre las parroquias con Quito y la conservación de los recursos hídricos según la población recae en los gobiernos locales, instituciones públicas y en la población en general, aumentando aquí el acceso a organizaciones no gubernamentales y la academia.

Además, se mencionó que las poblaciones de las parroquias indican los principales efectos del cambio climático en su entorno se basan en el aumento o disminución de la temperatura y de las precipitaciones. Esto genera un incremento de desastres naturales. Las personas identifican las inundaciones y los deslizamientos de tierra entre los principales problemas de la zona, lo que provoca el cuarto problema de escasez de agua para consumo humano.

El 91 % de los encuestados indican que el cambio climático tiene incidencia en el desarrollo de sus actividades. La salud es lo principal, seguido por el desarrollo de actividades económicas, aumento de desastres naturales, y la escasez de servicios de primera necesidad.

Al solicitar a los encuestados una comparación entre los años pasados con la actualidad, el 89,3 % identificó que la temperatura local ha aumentado. El 70 % percibe la variabilidad de las precipitaciones. El 64,7 % distingue el aumento o disminución de caudales y por último el 61,3 % la deforestación que como se ha determinado ha existido dentro de la zona.

Las personas a las que se realizó la encuesta mostraron 29,1 % de apoyo y el 48,3% de desagrado y 22,5 % fueron indiferentes ante esta pregunta. Frente a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. Esta empresa pública tiene sus fuentes de abastecimiento en ríos amazónicos. Cerca de la mitad de los encuestados indicaron que no se encuentran conformes de cómo se está desarrollando esta actividad por parte de la empresa pública. Los moradores han evidenciado contaminación cuando se implementan estos proyectos como pasó en la implementación en Papallacta y hoy en día en la cuenca del río Chalpi Grande con su campamento. Un cuarto de la población encuestada indica que se encuentran conformes que le EPMAPS de Quito obtenga el recurso hídrico de estos ríos, pero manteniendo condiciones de un buen manejo ambiental de los ríos.

En general la población se mantiene consciente de que el líquido vital sin un buen manejo y/o cuidado bajo los escenarios del cambio climático está en peligro o puede verse afectado por este problema. Los moradores encuestados proponen dos alternativas para la protección del agua. Estas se basan en educación ambiental, con énfasis en los recursos hídricos, y la formación de zonas de protección hídrica. De esta manera se establece lineamientos para la conservación de la cuenca y protección de la biodiversidad existente en la misma.

4. Zonas de Protección Hídrica: Problemas y Beneficios

La creación de la zona de protección hídrica se los da a los territorios donde existen fuentes de agua declaradas como de interés público para su mantenimiento, conservación y protección, que abastezcan al consumo humano o garanticen la soberanía alimentaria.

La planeación estratégica de la zona de protección hídrica involucra generar objetivos a corto plazo (5 a 10 años) y a largo plazo (20 a 30 años). Para con ello poder establecer los alcances, límites, justificación de la delimitación de la zona de protección. Además identificar posibles contratiempos, conflictos o amenazas que se presenten ante esta gestión para poder dar una orientación a la resolución de problemas (Thomsen, Søndergaard, y Sørensen 2004, 555–58; Zhukov, Tsoraeva, y Perov 2021, 1–8).

En algunas ocasiones la generación de estas zonas puede ser afectadas debido a la injerencia de diferentes entidades que manejan el agua, contratiempos o a su vez en el cambio de autoridades que puedan retrasar el desarrollo de este tipo de zonas de interés público. (Harryman 1989, 548–50; Romero et al. 2014, 4–8).

El desarrollo de la planificación debe poseer información de línea base en materia ambiental (agua, suelo, biodiversidad), política y normativa legal. Esta información debe aportar en varios aspectos que generen fiabilidad de la necesidad del establecimiento de la zona de protección para el recurso hídrico. Es necesario la incorporación de información geográfica de la zona a nivel de cuenca hidrográfica, uso de suelo, geomorfología, características de variabilidad climática, entre otros (Romero et al. 2014, 6–8; Harryman 1989, 548–50; Benítez Carranco 2018, 85–93).

Si bien existe una metodología establecida para la generación de este tipo de zonas, la problemática de la generación del área de protección hídrica radica en:

1. El financiamiento: las juntas de agua, municipios no disponen de un presupuesto establecido para el proceso de levantar información de la línea base para mantener las zonas de protección en el tiempo. Es decir, generar un nuevo puesto de trabajo por parte de la población o del municipio para el mantenimiento, cuidado e inspección de la zona de protección.
2. Las competencias que tienen tanto las personas naturales como jurídicas (población, municipio, empresa pública) dentro de la zona. Se tienen objetivos diferentes que deben ser alineados para la generación de la zona de protección hídrica. Tratar de reducir o eliminar los conflictos por el uso de agua que puedan llegar a generarse a futuro.
3. Los cambios políticos a causa de la salida de autoridades tanto de las empresas públicas como de la población en general. Esto genera un retraso a la gestión y un desequilibrio al avance de manera coordinada entre las partes interesadas para el mantenimiento y preservación del recurso hídrico.

4. Conflictos generados por la indebida tenencia de tierra que al no poseer la documentación que acredite la propiedad, los trámites para el desarrollo de la zona de protección hídrica se vuelven más complejos.
5. Conflictos con moradores por uso de suelo. Se estableció el límite agrícola y agropecuario se encuentra en los 3000 m s.n.m. Los pobladores no se sienten satisfechos por la pérdida de sus parcelas, como también la afección a su actividad productiva (Benítez Carranco 2018, 127–32; Harryman 1989, 548–50).

Todos estos conflictos deben ser abordados en base a la socialización de la zona de protección hídrica. Ya que de estos depende el éxito o fracaso para la conservación del recurso hídrico el cual va a mantener el agua en un ecosistema equilibrado con la población del lugar, empresas públicas y partes interesadas. El fin es generar un mayor desarrollo y sentido de sustentabilidad para que futuras generaciones no pierdan los servicios ecosistémicos que nos ofrece el medio ambiente.

La orientación principal del área de protección hídrica es garantizar el correcto mantenimiento, conservación y protección de las fuentes de agua que abastecen al consumo humano, y garantizar la soberanía alimentaria. Por lo que el criterio que se desarrolla es la generación de servicios ecosistémicos que benefician a la vida humana.

Se establece como objetivo estratégico en base al cambio climático el área de protección hídrica, como una solución adecuada de adaptación. En base a la gestión integral de los recursos hídricos, sostenibilidad y desarrollo equitativo.

Los principales beneficios de la zona de protección hídrica son:

1. Garantizar de manera sostenible el acceso al líquido vital de calidad;
2. Reducir todo tipo de conflictos entre pobladores del lugar que se presenten por la escasez de agua;
3. Garantizar la efectividad y eficiencia de la inversión pública en gestión de recursos hídricos protegiendo las fuentes de agua para los distintos usos de la población.
4. Reducir enfermedades que son derivadas de la mala calidad de agua o a su vez de la escasez de la misma;
5. Dar solución al problema del cambio climático bajo la gestión de la zona de protección hídrica en base a las medidas de adaptación para generar mayor grado de resiliencia.

La gestión de los recursos hídricos es un proceso para el desarrollo de la comunidad, y para la protección, cuidado y mantenimiento de los ecosistemas. Se busca

la reducción del cambio climático con procesos de adaptación como es la protección de cuerpos hídricos, establecimiento de la agroecología, mudar el sistema económico neoclásico hacia la economía ecológica, entre otros. La mitigación en base a proyectos de descarbonización de la industria, uso e implementación de nuevas energías renovables. Todo esto para generar un mayor grado de resiliencia para la sociedad con un mejor manejo de los recursos naturales para alcanzar el desarrollo sustentable (Harryman 1989, 548–50; Benítez Carranco 2018, 127–34).

Conclusiones

Al hablar de necesidad humanas, el abastecimiento de agua es un derecho fundamental que todas las personas poseen. Sin embargo, se observa que, hasta el censo del 2010, aún existen familias que consumen agua de pozo, directamente del río, o de agua de lluvia. Al establecer esta falencia en el desarrollo de las personas y una vulnerabilidad de los derechos fundamentales de las personas existe un compromiso social por parte de las empresas dedicadas al abastecimiento de agua potable de seguir aumentando la cantidad de viviendas que cuenten con un sistema de abastecimiento por red pública.

La variabilidad climática desde 1985 al 2015 en la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande, ha mostrado variaciones con respecto a la temperatura, precipitación y caudal del río. De la misma manera el desarrollo de estas variaciones ha mostrado eventos extremos tanto de temperatura como de precipitaciones y por ende el aumento o disminución del caudal del río Chalpi Grande.

En el año 2010 con respecto a la temperatura existieron eventos extremos con valores máximos de 18°C y mínimos de 2°C. De la misma manera con respecto a la precipitación se observa que el año 2010 conjuntamente con el 2003 y 2011 fueron los más lluviosos de los 31 años de estudio. El año 2003 es considerado extremo dentro del estudio, debido a una precipitación máxima registrada de más de 600 mm.

El análisis de los 31 años de caudales nos indica que en el periodo de 1993 y 1994 el caudal aumento hasta 6.59 m³/s considerados como valores máximos en los años de estudio. De la misma manera para el año de 1995 se establece el valor mínimo de los registros de 4.68 m³/s.

El cambio climático es un problema del mundo contemporáneo, que debe ser abordado desde todos los ámbitos como: el político, económico, social, ambiental, relaciones internacionales, entre otros. Que el objetivo principal sea el fortalecimiento de las capacidades en cada uno de los ámbitos mencionados para que los líderes puedan tomar las mejores decisiones.

Los efectos de estos problemas generados por el cambio climático se observan hoy en día. Todas las medidas de adaptación y/o mitigación que se realicen deben ser

elaboradas para que sean desarrolladas en determinado lugar. Para fortalecer a la sociedad y darles las herramientas necesarias para afrontar la crisis venidera con respecto al clima.

El análisis del AR5 y la TCN del IPCC a nivel de la cuenca hidrográfica nos ha permitió observar que la temperatura en cada uno de los diferentes escenarios que se nos presenta aumenta. El escenario 8.5 es el más catastrófico con temperaturas promedio de 27°C lo que es un aumento de 17°C en 100 años. De igual manera este patrón se observa con la precipitación con un aumento, que puede influir en la generación de desastres naturales con afecciones a la población. Mientras que el caudal del río se observa que para el 2100 el caudal disminuye a 3.5 m³/s. En la actualidad el caudal medio está en 5 m³/s, esto generando varios efectos negativos a la población.

El abastecimiento de agua cruda que brinda el río Chalpi Grande para la ciudad de Quito se ve comprometido. Bajo los escenarios del AR5, el Sistema del Chalpi Grande abastece de 2.2 m³/s al Sistema Integrado Papallacta. El modelo realizado el caudal del río para el 2070 va a estar por debajo del abastecimiento de los 2.2 m³/s lo que va, a generar problemas de abastecimiento para la ciudad. Por ende, la EPMAPS debe buscar nuevas fuentes de abastecimiento para satisfacer la demanda de una población creciente que tiene Quito.

Al analizar los registros históricos desde 1985 al 2015, se tiene una introducción al estudio de la variabilidad climática entre las variables de precipitación y caudal. Al ser necesario mayor cantidad de registros históricos en el tiempo. Para que en futuros trabajos esta investigación sea el punto de partida para la obtención de resultados con mayor especificidad.

En la presente investigación se realizó en base a los registros históricos de las variables de temperatura, precipitación y caudales para la obtención de diferentes escenarios climáticos basados en resultados cualitativos de las interacciones entre la hidrología y la variabilidad climática que desemboca la problemática del cambio climático.

Los escenarios climáticos presentados en esta investigación prevén que a futuro las variables climáticas de temperatura y precipitación tiende aumentar, mientras que el caudal va a disminuir. Por lo que se generará un desabastecimiento de agua cruda necesaria para la población del Distrito Metropolitano de Quito. Por tanto, la EPMAPS debe buscar nuevas fuentes de abastecimiento de agua para las proyecciones futuras que tiene la población de Quito.

En las proyecciones al 2100 se obtuvo en base a los registros históricos presentados, sin embargo, al ser variables ambientales, no se encontraban en la base estadística de la normalidad, por lo que se realizó una corrección de datos para obtener un valor de R^2 aceptable, pero no cambiaba la tendencia. Por lo que se optó por trabajar con los datos crudos para con ello no dejar ningún registro fuera y tener condiciones climáticas como fueron registradas en el tiempo.

Para las proyecciones hasta el año 2100 se obtuvo valores menores al 0.20 de R^2 . Esto se debe a la variabilidad de las condiciones ambientales entre las estaciones de verano e invierno. Al estar el Ecuador en el centro del planeta, la estacionalidad no es tan marcada como en el hemisferio norte y hemisferio sur. Por lo tanto, los valores R^2 registrados en las proyecciones corresponden a valores que encajan en la normalidad obtenidos en condiciones ambientales normales.

Al analizar la perspectiva que tiene la población de Papallacta y Cuyuja frente al cambio climático, se pudo observar que existe cierto grado de preocupación con los efectos del cambio climático a nivel local. Existe descontento en la población de que la EPMAPS de Quito tenga sus fuentes de abastecimiento de ríos amazónicos. La población desea un mayor cuidado de las cuencas hidrográficas analizando posibilidades para de la creación de zonas de protección hídrica. También una intervención por parte del Municipio de Quijos en materia de educación ambiental y una mayor propaganda de la importancia de los recursos hídricos.

Se observó que los beneficios al optar por proyectos en base a la adaptación de la población y medio ambiente a los cambios producidos por la alteración del clima, son mayores frente a los problemas que se puedan generar. Se necesita tener apoyo y predisposición de todos los actores sociales para manejar de manera integral los recursos hídricos.

Los resultados presentados en la presente investigación es una muestra del futuro que se puede esperar frente al problema global del cambio climático. Al analizar de manera local y focalizada se puede presentar diferentes tipos de propuestas en torno a la creación de política pública, proyectos de adaptación al cambio climático, educación ambiental, entre otros estos aplicados al territorio.

En el Ecuador el desarrollo de investigación con relación entre la hidrología y variabilidad climática en el país es muy escasa. Esto es debido a la carencia de datos históricos, estaciones hidrológicas, meteorológicas en mal estado y las falencias en los

sensores de medición. Esto genera un problema para la investigación y generación de nuevo conocimiento dentro de la hidrología y cambio climático en el país.

Los estudios en torno a cambio climático, variables ambientales en un periodo mayor a 25 años en el país son escasos. La presente investigación ayuda al desarrollo de nuevos proyectos para el desarrollo de exploración científica en torno a la temática de cambio climático aplicada a los recursos hídricos y variables climáticas.

El desarrollo de investigación alrededor de esta temática, se debe contemplar un periodo de tiempo largo, como también la validación de los mismos en base a herramientas estadísticas. Por lo que se podrá generar modelos que tenga interacción entre el forzamiento radiativo que ejerce el sol frente a una cuenca hídrica y sus interacciones con variables ambiental tomando en cuenta escorrentía, infiltración y ríos subterráneos.

La aplicación en futuros trabajos para obtención de registros climáticos por sensores remotos, satélites remplazando a los registros de las estaciones hidrometeorológicas pueden ayudar a solventar los problemas de acceso a la información y vacíos en periodos de tiempo. Lo que contribuiría a poder pasar de periodos de corto tiempo a análisis más profundos y con ello reducir el error que se pudiese presentar.

Lista de referencias

- Aliaga, V. S., F. Ferrelli, E. D. Alberdi-Algarañaz, V. Y. Bohn, y M. C. Piccolo. 2016. “Distribución y variabilidad de la precipitación en la Región Pampeana, Argentina”. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 42 (1): 261. doi:10.18172/cig.2867.
- Amador, Jorge, y Eric Alfaro. 2009. “Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático”. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 11: 39–52.
- Armenta, Guillermo, Jorge Villa, y Pablo Jácome. 2016. “Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático”. Informe 1. Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - Ministerio del Ambiente y Academia. <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/EQU/14%20Proyecciones%20de%20Clima%20Futuro%20para%20Ecuador%20en%20base%20a%20IPCC-AR5.pdf>.
- Bates, Bryson, Zbigniew W Kundzewicz, Jean Palutikof, y Shaohong Wu. 2008. “El Cambio Climático y el Agua”. Ginebra - Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/climate-change-water-sp.pdf>.
- Benítez Carranco, María Belén. 2018. “La Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) como herramienta para contribuir al proceso de adaptación del Cambio Climático en la Cuenca Transfronteriza Catamayo-Chira”. Tesis de Postgrado, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6438/1/T2746-MCCNA-Benitez-La%20gestion.pdf>.
- Brendel, Andrea, Federico Ferrelli, María Piccolo, y Gerardo Perillo. 2021. “Efectos de la variabilidad pluviométrica sobre la morfometría de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica de la región pampeana, Argentina”. *REVISTA GEOGRÁFICA VENEZOLANA* 62 (1): 92–106. doi:10.53766/RGV/2021.62.01.03.
- Bustos Cadava, David. 2011. “Cambio Climático y Eventos de Emergencia en el Suministro de Agua Potable en el Gran Santiago”. Tesis de Pregrado, Santiago: Universidad de Chile.

- <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104252/Cambio-climatico-y-eventos-de-emergencia-en-el-suministro.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Buytaert, W., V. Iñiguez, R. Celleri, B. De Bièvre, G. Wyseure, y J. Deckers. 2006. “Analysis of the Water Balance of Small Páramo Catchments in South Ecuador”. En *Environmental Role of Wetlands in Headwaters*, editado por Josef Krecek y Martin Haigh, 63:271–81. NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/1-4020-4228-0_24.
- Calderón, M. 2016. “Análisis de vulnerabilidad al cambio climático de la cuenca Paute (Ecuador)”. Tesis de Fin de Master, España: Universidad de Cantabria. [https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/10079/Calderón, Myriam.pdf?sequence=1](https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/10079/Calderón,Myriam.pdf?sequence=1).
- Calispa Aguilar, M. 2010. “Modelación hidrológica de glaciares y páramos en relación con la oferta de agua de Quito. Pruebas de simulación en las cuencas del sistema La Mica del volcán Antisana”. Tesis de Pregrado, Quito: Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2577>.
- Díaz, Lizeth, y Jairo Alarcón. 2018. “Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada niscota para un acueducto interveredal en Munchía, Casanare”. Tesis de Postgrado, Bogota: Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15989/1/Proyecto%20Final.pdf>.
- EPMAPS. 2011. “Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ”. Actualización. Quito: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. https://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/plan_maestro_agua_potable.pdf.
- EPMAPS-Q. 2015. “Estudios de factibilidad y diseños definitivos del proyecto de agua potable ramal Chalpi Grande – Papallacta y central hidroeléctrica Chalpi Grande”. Quito: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito.
- . 2017. “Construcción de la Primera Etapa del Proyecto de Agua Potable Ríos Orientales, Ramal Chalpi Grande –Papallacta.” Quito: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. <https://www.aguaquito.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/Alcance-de-las-Obras.pdf>.

- FONAG, y EPMAPS-Q. 2020. “Anuario Hidrológico”. Reporte. Quito: Fondo para la protección del agua. <http://www.fonag.org.ec/web/anuario-hidroclimatico/>.
- Francou, B, A Rabatel, A Soruco, J. E Sicart, E. E Silvestre, P Ginot, B Cáceres, et al. 2004. *Glaciares de los Andes Tropicales víctimas del Cambio Climático*. Bolivia: CAN - PRAA - IRD. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Libro-Glaciares.pdf>.
- Harryman, M. B. M. 1989. “Water Source Protection and Protection Zones”. *Water and Environment Journal* 3 (6): 548–50. doi:10.1111/j.1747-6593.1989.tb01433.x.
- Heil Costa, Marcos, Michael T. Coe, y Jean Loup Guyot. 2009. “Effects of Climatic Variability and Deforestation on Surface Water Regimes”. En *Geophysical Monograph Series*, editado por Michael Keller, Mercedes Bustamante, John Gash, y Pedro Silva Dias, 186:543–53. Washington, D. C.: American Geophysical Union. doi:10.1029/2008GM000738.
- Hermosa, Lizzette Gabriela, Marcos Javier Avilés, Oswald Padilla Almeida, y Mario Cruz Dhowitt. 2010. “Análisis y modelamiento de susceptibilidad a deslizamientos mediante SIG y geoestadística en las Parroquias de Papallacta y Cuyuja, Cantón Quijos (Ecuador)”, n° 4: 9.
- Herzog, Sebastian K, Inter-American Institute for Global Change Research, International Council of Scientific Unions, y Scientific Committee on Problems of the Environment. 2011. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. Sao Paulo, Brazil: Inter-American Institute for Global Change Research : SCOPE.
- Hoffmann, D. 2008. “Consecuencias del retroceso glaciar en la Cordillera boliviana”. *Pirineos* 163 (0): 77–84. doi:10.3989/pirineos.2008.v163.23.
- INAMHI. 2021. “Anuario Meteorológico”. Reporte. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/>.
- INEC. 2010. “Censo 2010”. Censo. Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Lavado Esteban, Erick j., y Marcelle Marcelle São Pedro. 2021. “Breve vistazo al impacto del cambio climático en el bosque amazónico”. *Xilema* 31 (1): 5–8. doi:10.21704/x.v31i1.1775.
- Lizarzaburu, Jesús, Liselotte Diehl, y Jaime Deza. 2016. “El retroceso glaciar en la alta montaña de los Andes Peruanos. Caso: Santuario Nacional de Ampay, Apurímac”. *Ciencia y Desarrollo* 16 (1): 5–16. doi:10.21503/cyd.v16i1.1115.

- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. 2018. “Geoportal MAATE Ecuador”. Técnico. Quito: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2009. *Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. 2320. Vol. 1096. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=38487.
- Muñoz, Daysi. 2018. “Determinación de la variación de la escorrentía en la cuenca del río Papallacta y su influencia en la funcionalidad de la Cuenca”. Tesis de Pregrado, Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://201.159.222.35/bitstream/handle/22000/7219/6.19.000663.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- Ontaneda, Diana. 2020. “Efectos de la variabilidad climática sobre los caudales aportantes al embalse Salve Faccha perteneciente a la red de agua potable Papallacta”. Tesis de Postgrado, Quito: Universidad Andina Simón Bolívar. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7805/1/T3323-MCCNA-Ontaneda-Efectos.pdf>.
- Pachauri, R. K., Leo Mayer, y Intergovernmental Panel on Climate Change, eds. 2015. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf.
- Proaño, Marcelo Hidalgo. 2017. “Variabilidad climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS”. *CienciAmérica* 6 (2): 32–37.
- Quintana, Julio. 2020. “Modelo de gobernanza para la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande, frente a los efectos del cambio climático”. Tesis de Pregrado, Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Romero, Fabián I, Miguel A Cozano, Rodrigo A Gangas, y Paulette I Naulin. 2014. “Zonas Ribereñas: Protección, Restauración y Contexto Legal En Chile”. *Bosque (Valdivia)* 35 (1): 3–12. doi:10.4067/S0717-92002014000100001.
- Rusticucci, Matilde M, y Mariana G Barrucand. 2002. “Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. Consistencia de Datos. Relación entre la temperatura media estacional y la ocurrencia de días extremos.” 26 (1–2): 16.
- Schoolmeester, T, K. S Johansen, B Alftan, E Baker, M Hesping, y K Verbist. 2018. *Atlas de Glaciares y Aguas Andinos. El impacto del retroceso de los glaciares*

- sobre los recursos hídricos. Noruega: UNESCO y GRID-Arendal. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266209>.
- Segura, Hans, Jhan Carlo Espinoza, Clementine Junquas, y Ken Takahashi. 2016. “Evidencing decadal and interdecadal hydroclimatic variability over the Central Andes”. *Environmental Research Letters* 11 (9): 1–8. doi:10.1088/1748-9326/11/9/094016.
- Thomsen, R., V. H. Søndergaard, y K. I. Sørensen. 2004. “Hydrogeological Mapping as a Basis for Establishing Site-Specific Groundwater Protection Zones in Denmark”. *Hydrogeology Journal* 12 (5): 550–62. doi:10.1007/s10040-004-0345-1.
- Tiscornia, G, A Cal, y A Giménez. 2016. “Análisis y caracterización de la variabilidad climática en algunas regiones de Uruguay”. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 42 (1): 66–71.
- Torres-Bagur, María, y David Pavón Gamero. 2021. “Percepción del cambio climático y respuesta de los turistas sobre los recursos hídricos: el caso de la cuenca del río Muga.” *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 89 (junio): 1–34. doi:10.21138/bage.3114.
- Valencia, Mónica, Apolinar Figueroa, Diana Ruiz, Juan Otero, Juan Martínez, Victoria Ceballos, Samir Joaquí, y Dayan González. 2014. “Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática”. *Revista Ingenierías* 12 (25): 29–43.
- Veettil, Bijeesh Kozhikkodan, y Ulrich Kamp. 2021. “Glacial Lakes in the Andes under a Changing Climate: A Review”. *Journal of Earth Science* 32 (6): 1575–93. doi:10.1007/s12583-020-1118-z.
- Vuille, Mathias. 2013. “El Cambio Climático y los Recursos Hídricos en los Andes Tropicales”. Nota Técnica El cambio climático y los recursos hídricos en los Andes tropicales. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-cambio-clim%C3%A1tico-y-los-recursos-h%C3%ADdricos-en-los-Andes-tropicales.pdf>.
- Yáñez-Moretta, Patricio, Marlon Núñez, Fernanda Carrera, y Christian Martínez. 2011. “Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la Zona Andina de Ecuador”. *La Granja* 14 (2): 24–44. doi:10.17163/lgr.n14.2011.03.

Zhukov, V D, E N Tsoraeva, y A U Perov. 2021. "Problems of land use of water protection zones". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 650 (1): 1–9. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012028.

Anexos

Anexo 1: Registro histórico de temperatura de la zona de la cuenca del río Chalpi Grande

| TEMPERATURA 1985 - 2015 ZONA RÍO CHALPI GRANDE | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | MEDIA |
| 1985 | 15.27 | 14.77 | 15.03 | 15.12 | 13.81 | 12.09 | 12.48 | 13.10 | 14.53 | 14.98 | 15.99 | 15.34 | 14.37 |
| 1986 | 14.94 | 14.57 | 14.10 | 14.96 | 14.27 | 12.80 | 12.55 | 13.95 | 14.47 | 15.27 | 15.90 | 14.86 | 14.39 |
| 1987 | 15.40 | 15.22 | 15.51 | 14.59 | 13.90 | 13.44 | 13.34 | 13.32 | 15.00 | 15.79 | 15.70 | 15.76 | 14.75 |
| 1988 | 15.44 | 15.61 | 15.59 | 15.59 | 14.55 | 13.25 | 12.73 | 13.86 | 14.19 | 15.49 | 15.14 | 15.02 | 14.71 |
| 1989 | 14.47 | 14.50 | 13.98 | 14.70 | 13.62 | 13.28 | 12.91 | 13.89 | 13.58 | 14.44 | 15.86 | 16.36 | 14.30 |
| 1990 | 15.61 | 16.07 | 15.18 | 15.43 | 13.89 | 13.24 | 13.00 | 13.12 | 15.18 | 15.13 | 16.21 | 15.36 | 14.79 |
| 1991 | 15.91 | 16.03 | 15.68 | 15.24 | 14.33 | 14.28 | 13.21 | 12.74 | 14.63 | 15.30 | 15.37 | 15.91 | 14.89 |
| 1992 | 16.37 | 16.12 | 16.01 | 15.22 | 14.31 | 12.90 | 11.80 | 13.36 | 14.26 | 15.11 | 15.41 | 15.70 | 14.71 |
| 1993 | 15.63 | 15.58 | 14.35 | 15.09 | 14.62 | 13.14 | 12.87 | 13.64 | 14.85 | 15.33 | 14.94 | 15.92 | 14.66 |
| 1994 | 15.18 | 15.02 | 14.86 | 14.86 | 14.05 | 12.79 | 12.69 | 12.67 | 14.35 | 15.63 | 15.93 | 15.69 | 14.48 |
| 1995 | 15.86 | 16.07 | 15.63 | 15.55 | 14.42 | 13.74 | 13.56 | 14.06 | 14.39 | 15.58 | 15.59 | 14.65 | 14.92 |
| 1996 | 15.04 | 14.18 | 14.84 | 14.44 | 14.35 | 13.81 | 12.83 | 13.56 | 14.32 | 15.93 | 15.92 | 15.67 | 14.57 |
| 1997 | 15.31 | 15.18 | 16.22 | 15.26 | 14.22 | 14.28 | 12.42 | 13.01 | 14.95 | 14.92 | 14.75 | 14.89 | 14.62 |
| 1998 | 15.75 | 15.91 | 15.86 | 15.66 | 14.62 | 13.27 | 12.78 | 13.82 | 14.46 | 15.48 | 15.67 | 15.32 | 14.88 |
| 1999 | 15.03 | 13.90 | 14.17 | 14.07 | 13.69 | 13.63 | 12.60 | 13.46 | 14.23 | 14.33 | 15.58 | 15.27 | 14.16 |
| 2000 | 14.97 | 14.91 | 14.07 | 14.28 | 13.47 | 13.35 | 13.12 | 13.41 | 14.89 | 15.58 | 16.26 | 15.66 | 14.50 |
| 2001 | 14.79 | 15.34 | 14.92 | 14.76 | 14.36 | 13.18 | 13.33 | 13.20 | 14.89 | 16.60 | 16.31 | 16.72 | 14.87 |
| 2002 | 16.015 | 16.192 | 15.858 | 15.329 | 14.819 | 13.082 | 14.035 | 13.836 | 15.340 | 15.742 | 15.393 | 16.043 | 15.14 |
| 2003 | 16.070 | 15.660 | 15.739 | 15.152 | 14.524 | 13.799 | 13.470 | 14.113 | 15.321 | 15.951 | 15.860 | 15.493 | 15.10 |
| 2004 | 16.624 | 15.554 | 15.606 | 15.465 | 14.844 | 13.306 | 13.774 | 13.736 | 14.785 | 15.859 | 15.857 | 15.635 | 15.09 |
| 2005 | 16.444 | 16.960 | 16.079 | 15.616 | 15.239 | 14.968 | 14.422 | 15.033 | 15.990 | 16.033 | 16.470 | 15.378 | 15.72 |
| 2006 | 15.938 | 16.007 | 15.339 | 15.741 | 15.124 | 13.716 | 13.670 | 13.983 | 15.158 | 16.662 | 16.296 | 15.840 | 15.29 |
| 2007 | 16.856 | 17.186 | 16.292 | 16.214 | 16.307 | 14.050 | 15.330 | 14.790 | 15.964 | 15.747 | 16.104 | 15.723 | 15.88 |
| 2008 | 15.497 | 15.209 | 14.517 | 14.528 | 14.378 | 13.714 | 13.165 | 14.237 | 14.608 | 15.306 | 15.836 | 15.767 | 14.73 |
| 2009 | 15.035 | 14.238 | 15.307 | 15.149 | 15.381 | 14.255 | 14.252 | 15.494 | 16.400 | 16.819 | 14.230 | 16.555 | 15.53 |
| 2010 | 17.043 | 17.136 | 17.019 | 16.275 | 15.925 | 14.725 | 14.885 | 14.721 | 15.618 | 15.868 | 15.307 | 14.695 | 15.77 |
| 2011 | 15.038 | 14.872 | 15.194 | 14.911 | 15.016 | 14.274 | 13.773 | 14.498 | 14.630 | 15.742 | 15.645 | 15.378 | 14.91 |
| 2012 | 15.025 | 14.293 | 14.675 | 14.283 | 14.136 | 13.681 | 13.629 | 14.231 | 15.154 | 15.689 | 16.059 | 15.118 | 14.66 |
| 2013 | 16.507 | 15.380 | 15.747 | 16.283 | 14.935 | 14.039 | 14.067 | 14.239 | 15.279 | 15.871 | 16.152 | 16.026 | 15.38 |
| 2014 | 15.901 | 15.941 | 15.569 | 15.584 | 15.526 | 13.926 | 13.709 | 14.062 | 16.054 | 15.778 | 15.398 | 15.682 | 15.26 |
| 2015 | 15.591 | 15.618 | 15.667 | 15.187 | 14.811 | 13.038 | 13.816 | 14.127 | 14.810 | 16.161 | 16.493 | 16.038 | 15.11 |

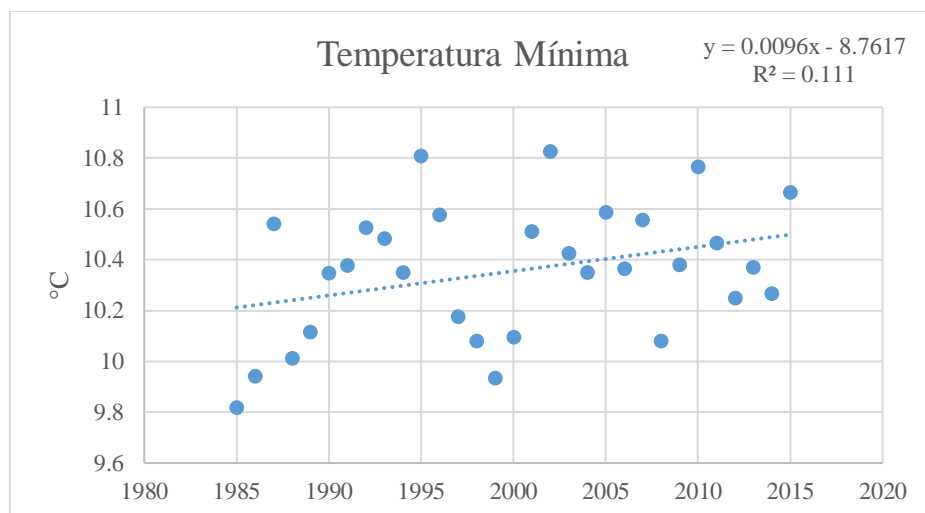
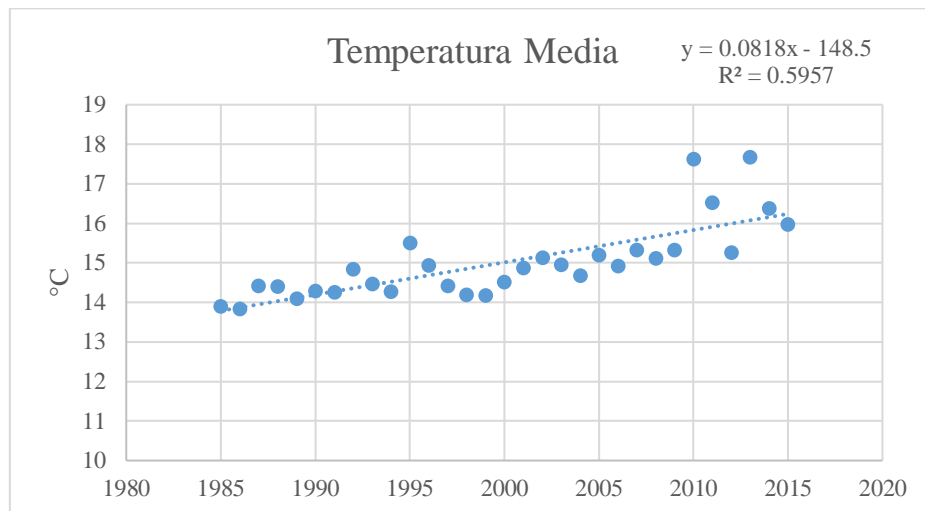
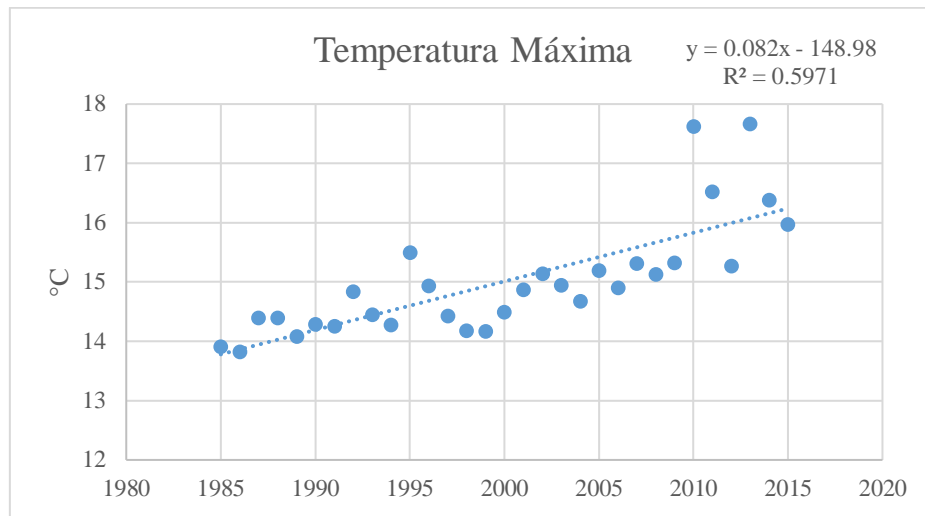
Anexo 2: Registro histórico de precipitación de la zona de la cuenca del río Chalpi Grande

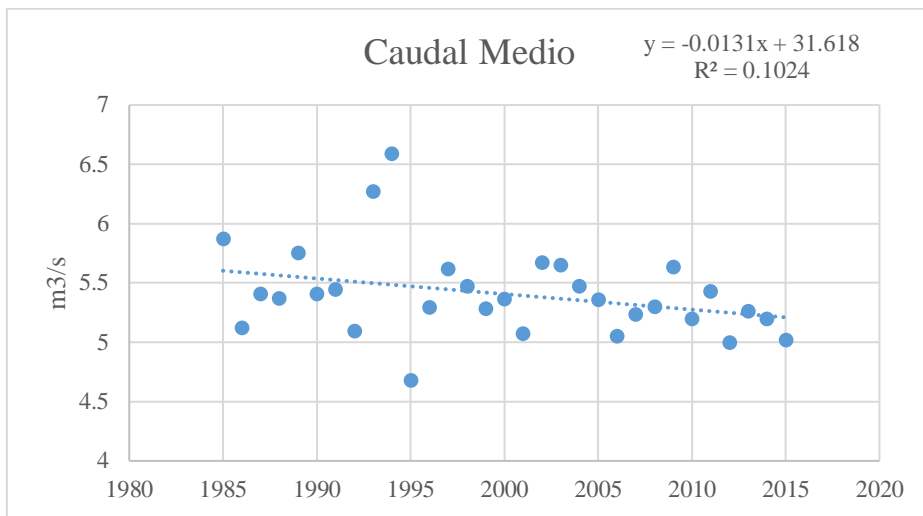
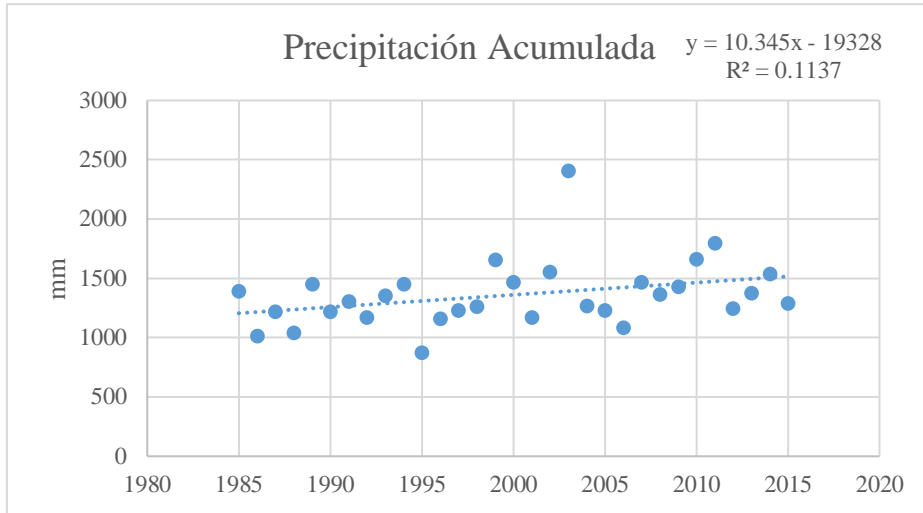
| PRECIPITACIÓN 1985 - 2015 ZONA RÍO CHALPI GRANDE | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|---------------------|
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | PRECIPITACIÓN ANUAL |
| 1985 | 27.7 | 77.4 | 101.1 | 62.7 | 253.4 | 212.1 | 267.5 | 145.0 | 76.8 | 60.1 | 44.2 | 64.5 | 1392.50 |
| 1986 | 34.3 | 22.3 | 124.7 | 97.4 | 73.7 | 2.8 | 265.4 | 71.8 | 88.9 | 85.9 | 77.2 | 72.0 | 1016.40 |
| 1987 | 59.4 | 198.3 | 74.1 | 174.9 | 156.0 | 110.7 | 149.7 | 102.5 | 63.0 | 76.8 | 25.0 | 30.6 | 1221.00 |
| 1988 | 53.2 | 65.7 | 108.5 | 142.6 | 7.2 | 8.1 | 166.5 | 124.9 | 115.6 | 79.5 | 114.8 | 53.5 | 1040.10 |
| 1989 | 60.0 | 82.7 | 134.2 | 62.5 | 246.8 | 282.9 | 243.2 | 84.9 | 102.5 | 96.3 | 46.3 | 11.0 | 1453.30 |
| 1990 | 53.1 | 35.4 | 159.0 | 111.1 | 145.0 | 139.2 | 164.4 | 113.2 | 87.5 | 123.2 | 34.6 | 54.7 | 1220.38 |
| 1991 | 49.9 | 193.7 | 67.4 | 119.4 | 133.3 | 159.9 | 192.2 | 147.9 | 69.1 | 81.1 | 74.7 | 20.8 | 1309.40 |
| 1992 | 41.2 | 68.1 | 133.7 | 114.2 | 180.2 | 111.5 | 151.8 | 110.5 | 97.6 | 44.4 | 54.3 | 63.5 | 1171.03 |
| 1993 | 65.3 | 63.3 | 167.0 | 93.0 | 146.9 | 199.9 | 193.1 | 100.8 | 138.2 | 64.9 | 65.9 | 55.9 | 1354.15 |
| 1994 | 48.9 | 43.3 | 76.2 | 117.1 | 134.7 | 192.5 | 194.8 | 249.3 | 104.8 | 91.8 | 94.6 | 104.5 | 1452.50 |
| 1995 | 47.4 | 27.5 | 52.9 | 68.7 | 101.5 | 131.0 | 110.4 | 73.8 | 67.1 | 44.9 | 100.1 | 50.7 | 876.00 |
| 1996 | 33.2 | 118.8 | 75.0 | 73.6 | 93.7 | 148.6 | 246.5 | 116.0 | 115.0 | 44.3 | 51.8 | 44.5 | 1161.03 |
| 1997 | 60.5 | 104.4 | 55.9 | 97.7 | 184.1 | 121.2 | 229.0 | 103.6 | 59.5 | 65.5 | 86.4 | 61.3 | 1229.11 |
| 1998 | 71.7 | 43.8 | 54.0 | 89.7 | 70.6 | 274.9 | 251.9 | 99.7 | 72.5 | 99.6 | 94.9 | 41.3 | 1264.60 |
| 1999 | 71.2 | 168.1 | 129.3 | 182.9 | 301.6 | 182.0 | 89.5 | 106.1 | 124.1 | 66.1 | 105.7 | 129.1 | 1655.70 |
| 2000 | 77.0 | 73.9 | 101.4 | 133.4 | 322.8 | 192.5 | 171.6 | 101.1 | 79.3 | 65.7 | 87.8 | 60.7 | 1467.23 |
| 2001 | 73.6 | 78.7 | 68.8 | 133.0 | 210.8 | 64.7 | 252.4 | 28.8 | 26.4 | 84.3 | 87.6 | 64.5 | 1173.53 |
| 2002 | 44.7 | 102.0 | 131.8 | 169.6 | 281.3 | 111.3 | 85.3 | 71.1 | 61.1 | 157.4 | 209.2 | 129.1 | 1553.90 |
| 2003 | 68.5 | 649.0 | 438.6 | 522.9 | 93.7 | 191.3 | 51.5 | 80.0 | 62.5 | 70.2 | 75.1 | 102.7 | 2405.97 |
| 2004 | 9.6 | 73.5 | 145.2 | 115.9 | 165.7 | 203.7 | 210.2 | 126.1 | 60.1 | 72.9 | 37.1 | 50.8 | 1270.80 |
| 2005 | 30.1 | 87.4 | 123.3 | 236.0 | 133.0 | 190.1 | 96.8 | 72.0 | 60.1 | 34.4 | 61.7 | 107.4 | 1232.26 |
| 2006 | 81.0 | 41.5 | 65.9 | 116.8 | 99.7 | 212.0 | 110.9 | 86.9 | 78.8 | 57.6 | 87.4 | 46.2 | 1084.70 |
| 2007 | 65.6 | 51.6 | 133.6 | 181.5 | 76.8 | 326.4 | 34.1 | 227.5 | 92.6 | 95.7 | 100.5 | 83.3 | 1469.18 |
| 2008 | 63.1 | 93.7 | 51.2 | 118.2 | 151.5 | 175.1 | 162.4 | 140.9 | 122.8 | 132.2 | 51.6 | 103.5 | 1366.20 |
| 2009 | 149.3 | 57.3 | 114.4 | 182.9 | 136.2 | 187.2 | 155.2 | 147.8 | 87.4 | 188.3 | 1.7 | 25.2 | 1432.92 |
| 2010 | 151.1 | 108.4 | 103.6 | 195.7 | 157.4 | 279.5 | 74.5 | 180.8 | 118.9 | 67.0 | 146.3 | 79.6 | 1662.80 |
| 2011 | 73.3 | 131.0 | 38.1 | 176.9 | 263.1 | 196.9 | 271.1 | 144.4 | 131.7 | 65.7 | 77.6 | 231.0 | 1800.77 |
| 2012 | 105.6 | 93.7 | 140.6 | 112.8 | 150.3 | 142.4 | 206.9 | 147.1 | 14.3 | 38.5 | 16.2 | 77.6 | 1245.97 |
| 2013 | 68.4 | 173.4 | 80.5 | 79.2 | 141.6 | 136.9 | 214.8 | 117.0 | 123.1 | 79.3 | 82.5 | 82.6 | 1379.34 |
| 2014 | 121.0 | 36.2 | 163.3 | 161.4 | 191.1 | 223.5 | 181.8 | 159.9 | 101.3 | 74.6 | 46.6 | 76.5 | 1537.20 |
| 2015 | 45.3 | 177.4 | 96.0 | 61.9 | 78.3 | 262.8 | 172.3 | 137.5 | 56.5 | 65.8 | 87.2 | 49.5 | 1290.47 |

Anexo 3. Registro histórico de caudales del río Chalpi Grande

| CAUDAL 1985 - 2015 RÍO CHALPI GRANDE | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| 1985 | 3.30 | 5.16 | 5.34 | 4.17 | 9.57 | 9.25 | 9.97 | 6.56 | 4.84 | 4.20 | 3.78 | 4.32 |
| 1986 | 3.48 | 3.53 | 6.00 | 5.48 | 4.73 | 5.55 | 9.97 | 4.61 | 5.12 | 4.01 | 4.51 | 4.48 |
| 1987 | 4.19 | 8.04 | 4.58 | 7.38 | 6.76 | 5.58 | 6.82 | 5.62 | 4.28 | 4.70 | 3.47 | 3.49 |
| 1988 | 4.06 | 4.34 | 5.52 | 6.40 | 5.33 | 5.72 | 7.16 | 6.02 | 5.67 | 4.55 | 5.67 | 4.00 |
| 1989 | 4.26 | 4.88 | 5.40 | 4.26 | 9.40 | 10.04 | 9.11 | 4.89 | 5.24 | 5.24 | 3.54 | 2.76 |
| 1990 | 4.01 | 3.55 | 6.94 | 5.48 | 6.68 | 7.52 | 7.06 | 5.60 | 4.97 | 5.47 | 3.50 | 4.14 |
| 1991 | 3.96 | 6.40 | 4.56 | 5.42 | 6.23 | 7.81 | 7.89 | 6.54 | 4.43 | 4.48 | 4.54 | 3.11 |
| 1992 | 3.67 | 4.42 | 6.18 | 5.70 | 6.02 | 5.58 | 6.80 | 5.65 | 5.16 | 3.64 | 3.99 | 4.31 |
| 1993 | 4.34 | 6.95 | 7.22 | 6.83 | 6.55 | 8.20 | 8.07 | 5.30 | 7.84 | 4.31 | 5.66 | 3.98 |
| 1994 | 4.09 | 7.89 | 6.76 | 7.46 | 6.39 | 7.85 | 7.75 | 9.67 | 5.37 | 4.81 | 5.13 | 5.92 |
| 1995 | 3.67 | 3.29 | 3.96 | 4.36 | 5.39 | 6.18 | 5.66 | 4.54 | 4.51 | 5.14 | 5.46 | 4.01 |
| 1996 | 3.88 | 5.94 | 4.59 | 4.76 | 5.45 | 6.05 | 9.68 | 5.78 | 5.87 | 3.76 | 4.12 | 3.67 |
| 1997 | 4.71 | 6.54 | 5.94 | 5.25 | 7.64 | 6.16 | 8.83 | 5.41 | 4.08 | 3.97 | 4.62 | 4.28 |
| 1998 | 4.38 | 3.75 | 4.03 | 4.88 | 4.49 | 10.20 | 9.68 | 5.67 | 4.80 | 5.16 | 4.53 | 4.08 |
| 1999 | 5.43 | 5.10 | 5.31 | 7.29 | 4.80 | 6.49 | 4.38 | 5.01 | 5.36 | 4.41 | 4.91 | 4.90 |
| 2000 | 5.01 | 4.73 | 4.41 | 5.85 | 7.07 | 6.53 | 5.35 | 6.51 | 5.16 | 4.99 | 4.61 | 4.13 |
| 2001 | 4.81 | 4.84 | 4.74 | 5.53 | 5.44 | 6.61 | 6.36 | 5.50 | 3.78 | 4.35 | 3.39 | 5.51 |
| 2002 | 5.26 | 5.37 | 5.02 | 5.84 | 8.86 | 5.01 | 6.32 | 5.42 | 4.45 | 6.08 | 6.52 | 3.89 |
| 2003 | 4.22 | 6.18 | 7.33 | 4.98 | 8.12 | 6.99 | 7.97 | 3.96 | 4.73 | 4.28 | 4.38 | 4.65 |
| 2004 | 2.80 | 4.57 | 6.57 | 5.75 | 7.14 | 8.19 | 8.37 | 6.03 | 4.20 | 4.56 | 3.56 | 3.94 |
| 2005 | 3.37 | 4.96 | 5.96 | 9.09 | 6.23 | 7.81 | 5.22 | 4.38 | 4.20 | 3.49 | 4.24 | 5.37 |
| 2006 | 4.78 | 3.68 | 4.36 | 5.78 | 5.30 | 8.42 | 5.61 | 4.95 | 4.86 | 4.13 | 4.96 | 3.81 |
| 2007 | 4.19 | 3.20 | 3.95 | 5.82 | 4.35 | 13.16 | 4.78 | 5.21 | 6.08 | 4.03 | 4.81 | 3.27 |
| 2008 | 3.76 | 4.93 | 3.38 | 4.84 | 6.02 | 8.10 | 7.37 | 4.93 | 5.58 | 6.33 | 4.55 | 3.83 |
| 2009 | 7.64 | 6.76 | 5.33 | 5.70 | 6.55 | 7.72 | 7.48 | 6.53 | 4.34 | 3.67 | 3.09 | 2.79 |
| 2010 | 2.78 | 4.50 | 3.63 | 5.25 | 6.38 | 7.68 | 6.41 | 6.88 | 4.75 | 3.65 | 5.63 | 4.82 |
| 2011 | 3.60 | 5.80 | 2.20 | 6.00 | 6.13 | 7.83 | 7.09 | 5.60 | 4.89 | 4.50 | 4.42 | 7.10 |
| 2012 | 5.10 | 5.00 | 6.20 | 5.30 | 5.90 | 6.31 | 6.99 | 6.20 | 2.00 | 3.30 | 2.90 | 4.80 |
| 2013 | 3.40 | 5.80 | 4.90 | 4.00 | 6.14 | 7.27 | 6.83 | 5.00 | 5.80 | 4.30 | 4.80 | 4.90 |
| 2014 | 5.00 | 2.80 | 6.00 | 6.30 | 6.20 | 7.10 | 6.87 | 5.60 | 4.70 | 4.40 | 2.80 | 4.60 |
| 2015 | 4.50 | 6.70 | 4.50 | 3.80 | 4.80 | 7.20 | 6.93 | 6.40 | 3.20 | 4.10 | 5.00 | 3.10 |

Anexo 4: Diagramas de dispersión de temperatura máxima, media, mínima, precipitación acumulada y caudal con valores de R^2 y ecuaciones usadas para la proyección de datos.





Anexo 5: Proyecciones de la temperatura máxima con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C.

| Año | Temperatura Máxima | Escenarios de Cambio Climático | | | |
|------|-----------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2017 | 16.414 | 17.204 | 17.304 | 17.104 | 17.354 |
| 2018 | 16.496 | 17.286 | 17.386 | 17.186 | 17.436 |
| 2019 | 16.578 | 17.368 | 17.468 | 17.268 | 17.518 |
| 2020 | 16.660 | 17.450 | 17.550 | 17.350 | 17.600 |
| 2021 | 16.742 | 17.532 | 17.632 | 17.432 | 17.682 |
| 2022 | 16.824 | 17.614 | 17.714 | 17.514 | 17.764 |
| 2023 | 16.906 | 17.696 | 17.796 | 17.596 | 17.846 |
| 2024 | 16.988 | 17.778 | 17.878 | 17.678 | 17.928 |
| 2025 | 17.070 | 17.860 | 17.960 | 17.760 | 18.010 |
| 2026 | 17.152 | 17.942 | 18.042 | 17.842 | 18.092 |
| 2027 | 17.234 | 18.024 | 18.124 | 17.924 | 18.174 |
| 2028 | 17.316 | 18.106 | 18.206 | 18.006 | 18.256 |
| 2029 | 17.398 | 18.188 | 18.288 | 18.088 | 18.338 |
| 2030 | 17.480 | 18.270 | 18.370 | 18.170 | 18.420 |
| 2031 | 17.562 | 18.352 | 18.452 | 18.252 | 18.502 |
| 2032 | 17.644 | 18.434 | 18.534 | 18.334 | 18.584 |
| 2033 | 17.726 | 18.516 | 18.616 | 18.416 | 18.666 |
| 2034 | 17.808 | 18.598 | 18.698 | 18.498 | 18.748 |
| 2035 | 17.890 | 18.680 | 18.780 | 18.580 | 18.830 |
| 2036 | 17.972 | 18.762 | 18.862 | 18.662 | 18.912 |
| 2037 | 18.054 | 18.844 | 18.944 | 18.744 | 18.994 |
| 2038 | 18.136 | 18.926 | 19.026 | 18.826 | 19.076 |
| 2039 | 18.218 | 19.008 | 19.108 | 18.908 | 19.158 |
| 2040 | 18.300 | 19.090 | 19.190 | 18.990 | 19.240 |
| 2041 | 18.382 | 19.592 | 20.162 | 20.002 | 20.972 |
| 2042 | 18.464 | 19.674 | 20.244 | 20.084 | 21.054 |
| 2043 | 18.546 | 19.756 | 20.326 | 20.166 | 21.136 |
| 2044 | 18.628 | 19.838 | 20.408 | 20.248 | 21.218 |
| 2045 | 18.710 | 19.920 | 20.490 | 20.330 | 21.300 |
| 2046 | 18.792 | 20.002 | 20.572 | 20.412 | 21.382 |
| 2047 | 18.874 | 20.084 | 20.654 | 20.494 | 21.464 |
| 2048 | 18.956 | 20.166 | 20.736 | 20.576 | 21.546 |
| 2049 | 19.038 | 20.248 | 20.818 | 20.658 | 21.628 |
| 2050 | 19.120 | 20.330 | 20.900 | 20.740 | 21.710 |
| 2051 | 19.202 | 20.412 | 20.982 | 20.822 | 21.792 |
| 2052 | 19.284 | 20.494 | 21.064 | 20.904 | 21.874 |
| 2053 | 19.366 | 20.576 | 21.146 | 20.986 | 21.956 |
| 2054 | 19.448 | 20.658 | 21.228 | 21.068 | 22.038 |
| 2055 | 19.530 | 20.740 | 21.310 | 21.150 | 22.120 |
| 2056 | 19.612 | 20.822 | 21.392 | 21.232 | 22.202 |
| 2057 | 19.694 | 20.904 | 21.474 | 21.314 | 22.284 |
| 2058 | 19.776 | 20.986 | 21.556 | 21.396 | 22.366 |
| 2059 | 19.858 | 21.068 | 21.638 | 21.478 | 22.448 |
| 2060 | 19.940 | 21.150 | 21.720 | 21.560 | 22.530 |
| 2061 | 20.022 | 21.232 | 21.802 | 21.642 | 22.612 |
| 2062 | 20.104 | 21.314 | 21.884 | 21.724 | 22.694 |
| 2063 | 20.186 | 21.396 | 21.966 | 21.806 | 22.776 |
| 2064 | 20.268 | 21.478 | 22.048 | 21.888 | 22.858 |
| 2065 | 20.350 | 21.560 | 22.130 | 21.970 | 22.940 |
| 2066 | 20.432 | 21.642 | 22.212 | 22.052 | 23.022 |
| 2067 | 20.514 | 21.724 | 22.294 | 22.134 | 23.104 |
| 2068 | 20.596 | 21.806 | 22.376 | 22.216 | 23.186 |
| 2069 | 20.678 | 21.888 | 22.458 | 22.298 | 23.268 |
| 2070 | 20.760 | 21.970 | 22.540 | 22.380 | 23.350 |
| 2071 | 20.842 | 22.002 | 23.162 | 23.562 | 25.312 |
| 2072 | 20.924 | 22.084 | 23.244 | 23.644 | 25.394 |
| 2073 | 21.006 | 22.166 | 23.326 | 23.726 | 25.476 |
| 2074 | 21.088 | 22.248 | 23.408 | 23.808 | 25.558 |
| 2075 | 21.170 | 22.330 | 23.490 | 23.890 | 25.640 |
| 2076 | 21.252 | 22.412 | 23.572 | 23.972 | 25.722 |
| 2077 | 21.334 | 22.494 | 23.654 | 24.054 | 25.804 |
| 2078 | 21.416 | 22.576 | 23.736 | 24.136 | 25.886 |
| 2079 | 21.498 | 22.658 | 23.818 | 24.218 | 25.968 |
| 2080 | 21.580 | 22.740 | 23.900 | 24.300 | 26.050 |
| 2081 | 21.662 | 22.822 | 23.982 | 24.382 | 26.132 |
| 2082 | 21.744 | 22.904 | 24.064 | 24.464 | 26.214 |
| 2083 | 21.826 | 22.986 | 24.146 | 24.546 | 26.296 |
| 2084 | 21.908 | 23.068 | 24.228 | 24.628 | 26.378 |
| 2085 | 21.990 | 23.150 | 24.310 | 24.710 | 26.460 |
| 2086 | 22.072 | 23.232 | 24.392 | 24.792 | 26.542 |
| 2087 | 22.154 | 23.314 | 24.474 | 24.874 | 26.624 |
| 2088 | 22.236 | 23.396 | 24.556 | 24.956 | 26.706 |
| 2089 | 22.318 | 23.478 | 24.638 | 25.038 | 26.788 |
| 2090 | 22.400 | 23.560 | 24.720 | 25.120 | 26.870 |
| 2091 | 22.482 | 23.642 | 24.802 | 25.202 | 26.952 |
| 2092 | 22.564 | 23.724 | 24.884 | 25.284 | 27.034 |
| 2093 | 22.646 | 23.806 | 24.966 | 25.366 | 27.116 |
| 2094 | 22.728 | 23.888 | 25.048 | 25.448 | 27.198 |
| 2095 | 22.810 | 23.970 | 25.130 | 25.530 | 27.280 |
| 2096 | 22.892 | 24.052 | 25.212 | 25.612 | 27.362 |
| 2097 | 22.974 | 24.134 | 25.294 | 25.694 | 27.444 |
| 2098 | 23.056 | 24.216 | 25.376 | 25.776 | 27.526 |
| 2099 | 23.138 | 24.298 | 25.458 | 25.858 | 27.608 |
| 2100 | 23.220 | 24.380 | 25.540 | 25.940 | 27.690 |

Anexo 6: Proyecciones de la temperatura media con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C.

| Año | Temperatura Media | Escenarios de Cambio Climático | | | |
|------|-------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2016 | 16.409 | 17.269 | 17.309 | 17.159 | 17.309 |
| 2017 | 16.491 | 17.351 | 17.391 | 17.241 | 17.391 |
| 2018 | 16.572 | 17.432 | 17.472 | 17.322 | 17.472 |
| 2019 | 16.654 | 17.514 | 17.554 | 17.404 | 17.554 |
| 2020 | 16.736 | 17.596 | 17.636 | 17.486 | 17.636 |
| 2021 | 16.818 | 17.678 | 17.718 | 17.568 | 17.718 |
| 2022 | 16.900 | 17.760 | 17.800 | 17.650 | 17.800 |
| 2023 | 16.981 | 17.841 | 17.881 | 17.731 | 17.881 |
| 2024 | 17.063 | 17.923 | 17.963 | 17.813 | 17.963 |
| 2025 | 17.145 | 18.005 | 18.045 | 17.895 | 18.045 |
| 2026 | 17.227 | 18.087 | 18.127 | 17.977 | 18.127 |
| 2027 | 17.309 | 18.169 | 18.209 | 18.059 | 18.209 |
| 2028 | 17.390 | 18.250 | 18.290 | 18.140 | 18.290 |
| 2029 | 17.472 | 18.332 | 18.372 | 18.222 | 18.372 |
| 2030 | 17.554 | 18.414 | 18.454 | 18.304 | 18.454 |
| 2031 | 17.636 | 18.496 | 18.536 | 18.386 | 18.536 |
| 2032 | 17.718 | 18.578 | 18.618 | 18.468 | 18.618 |
| 2033 | 17.799 | 18.659 | 18.699 | 18.549 | 18.699 |
| 2034 | 17.881 | 18.741 | 18.781 | 18.631 | 18.781 |
| 2035 | 17.963 | 18.823 | 18.863 | 18.713 | 18.863 |
| 2036 | 18.045 | 18.905 | 18.945 | 18.795 | 18.945 |
| 2037 | 18.127 | 18.987 | 19.027 | 18.877 | 19.027 |
| 2038 | 18.208 | 19.068 | 19.108 | 18.958 | 19.108 |
| 2039 | 18.290 | 19.150 | 19.190 | 19.040 | 19.190 |
| 2040 | 18.372 | 19.232 | 19.272 | 19.122 | 19.272 |
| 2041 | 18.454 | 19.314 | 20.234 | 20.074 | 20.584 |
| 2042 | 18.536 | 19.396 | 20.316 | 20.156 | 20.666 |
| 2043 | 18.617 | 19.477 | 20.397 | 20.237 | 20.747 |
| 2044 | 18.699 | 20.059 | 20.479 | 20.319 | 20.829 |
| 2045 | 18.781 | 20.141 | 20.561 | 20.401 | 20.911 |
| 2046 | 18.863 | 20.223 | 20.643 | 20.483 | 20.993 |
| 2047 | 18.945 | 20.305 | 20.725 | 20.565 | 21.075 |
| 2048 | 19.026 | 20.386 | 20.806 | 20.646 | 21.156 |
| 2049 | 19.108 | 20.468 | 20.888 | 20.728 | 21.238 |
| 2050 | 19.190 | 20.550 | 20.970 | 20.810 | 21.320 |
| 2051 | 19.272 | 20.632 | 21.052 | 20.892 | 21.402 |
| 2052 | 19.354 | 20.714 | 21.134 | 20.974 | 21.484 |
| 2053 | 19.435 | 20.795 | 21.215 | 21.055 | 21.565 |
| 2054 | 19.517 | 20.877 | 21.297 | 21.137 | 21.647 |
| 2055 | 19.599 | 20.959 | 21.379 | 21.219 | 21.729 |
| 2056 | 19.681 | 21.041 | 21.461 | 21.301 | 21.811 |
| 2057 | 19.763 | 21.123 | 21.543 | 21.383 | 21.893 |
| 2058 | 19.844 | 21.204 | 21.624 | 21.464 | 21.974 |
| 2059 | 19.926 | 21.286 | 21.706 | 21.546 | 22.056 |
| 2060 | 20.008 | 21.368 | 21.788 | 21.628 | 22.138 |
| 2061 | 20.090 | 21.450 | 21.870 | 21.710 | 22.220 |
| 2062 | 20.172 | 21.532 | 21.952 | 21.792 | 22.302 |
| 2063 | 20.253 | 21.613 | 22.033 | 21.873 | 22.383 |
| 2064 | 20.335 | 21.695 | 22.115 | 21.955 | 22.465 |
| 2065 | 20.417 | 21.777 | 22.197 | 22.037 | 22.547 |
| 2066 | 20.499 | 21.859 | 22.279 | 22.119 | 22.629 |
| 2067 | 20.581 | 21.941 | 22.361 | 22.201 | 22.711 |
| 2068 | 20.662 | 22.022 | 22.442 | 22.282 | 22.792 |
| 2069 | 20.744 | 22.104 | 22.524 | 22.364 | 22.874 |
| 2070 | 20.826 | 22.186 | 22.606 | 22.446 | 22.956 |
| 2071 | 20.908 | 22.188 | 22.688 | 23.448 | 24.368 |
| 2072 | 20.990 | 22.270 | 23.310 | 23.530 | 24.450 |
| 2073 | 21.071 | 22.351 | 23.391 | 23.611 | 24.531 |
| 2074 | 21.153 | 22.433 | 23.473 | 23.693 | 24.613 |
| 2075 | 21.235 | 22.515 | 23.555 | 23.775 | 24.695 |
| 2076 | 21.317 | 22.597 | 23.637 | 23.857 | 24.777 |
| 2077 | 21.399 | 22.679 | 23.719 | 23.939 | 24.859 |
| 2078 | 21.480 | 22.760 | 23.800 | 24.020 | 24.940 |
| 2079 | 21.562 | 22.842 | 23.882 | 24.102 | 25.022 |
| 2080 | 21.644 | 22.924 | 23.964 | 24.184 | 25.104 |
| 2081 | 21.726 | 23.006 | 24.046 | 24.266 | 25.186 |
| 2082 | 21.808 | 23.088 | 24.128 | 24.348 | 25.268 |
| 2083 | 21.889 | 23.169 | 24.209 | 24.429 | 25.349 |
| 2084 | 21.971 | 23.251 | 24.291 | 24.511 | 25.431 |
| 2085 | 22.053 | 23.333 | 24.373 | 24.593 | 25.513 |
| 2086 | 22.135 | 23.415 | 24.455 | 24.675 | 25.595 |
| 2087 | 22.217 | 23.497 | 24.537 | 24.757 | 25.677 |
| 2088 | 22.298 | 23.578 | 24.618 | 24.838 | 25.758 |
| 2089 | 22.380 | 23.660 | 24.700 | 24.920 | 25.840 |
| 2090 | 22.462 | 23.742 | 24.782 | 25.002 | 25.922 |
| 2091 | 22.544 | 23.824 | 24.864 | 25.084 | 26.004 |
| 2092 | 22.626 | 23.906 | 24.946 | 25.166 | 26.086 |
| 2093 | 22.707 | 23.987 | 25.027 | 25.247 | 26.167 |
| 2094 | 22.789 | 24.069 | 25.109 | 25.329 | 26.249 |
| 2095 | 22.871 | 24.151 | 25.191 | 25.411 | 26.331 |
| 2096 | 22.953 | 24.233 | 25.273 | 25.493 | 26.413 |
| 2097 | 23.035 | 24.315 | 25.355 | 25.575 | 26.495 |
| 2098 | 23.116 | 24.396 | 25.436 | 25.656 | 26.576 |
| 2099 | 23.198 | 24.478 | 25.518 | 25.738 | 26.658 |
| 2100 | 23.280 | 24.560 | 25.600 | 25.820 | 26.740 |

Anexo 7: Proyecciones de la temperatura mínima con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C.

| Año | Temperatura Mínima | Escenarios de Cambio Climático | | | |
|------|-----------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2017 | 10.602 | 11.312 | 11.432 | 11.302 | 11.452 |
| 2018 | 10.611 | 11.321 | 11.441 | 11.311 | 11.461 |
| 2019 | 10.621 | 11.331 | 11.451 | 11.321 | 11.471 |
| 2020 | 10.630 | 11.340 | 11.460 | 11.330 | 11.480 |
| 2021 | 10.640 | 11.350 | 11.470 | 11.340 | 11.490 |
| 2022 | 10.650 | 11.360 | 11.480 | 11.350 | 11.500 |
| 2023 | 10.659 | 11.369 | 11.489 | 11.359 | 11.509 |
| 2024 | 10.669 | 11.379 | 11.499 | 11.369 | 11.519 |
| 2025 | 10.678 | 11.388 | 11.508 | 11.378 | 11.528 |
| 2026 | 10.688 | 11.398 | 11.518 | 11.388 | 11.538 |
| 2027 | 10.698 | 11.408 | 11.528 | 11.398 | 11.548 |
| 2028 | 10.707 | 11.417 | 11.537 | 11.407 | 11.557 |
| 2029 | 10.717 | 11.427 | 11.547 | 11.417 | 11.567 |
| 2030 | 10.726 | 11.436 | 11.556 | 11.426 | 11.576 |
| 2031 | 10.736 | 11.446 | 11.566 | 11.436 | 11.586 |
| 2032 | 10.746 | 11.456 | 11.576 | 11.446 | 11.596 |
| 2033 | 10.755 | 11.465 | 11.585 | 11.455 | 11.605 |
| 2034 | 10.765 | 11.475 | 11.595 | 11.465 | 11.615 |
| 2035 | 10.774 | 11.484 | 11.604 | 11.474 | 11.624 |
| 2036 | 10.784 | 11.494 | 11.614 | 11.484 | 11.634 |
| 2037 | 10.794 | 11.504 | 11.624 | 11.494 | 11.644 |
| 2038 | 10.803 | 11.513 | 11.633 | 11.503 | 11.653 |
| 2039 | 10.813 | 11.523 | 11.643 | 11.513 | 11.663 |
| 2040 | 10.822 | 11.532 | 11.652 | 11.522 | 11.672 |
| 2041 | 10.832 | 11.812 | 12.252 | 12.192 | 12.732 |
| 2042 | 10.842 | 11.822 | 12.262 | 12.202 | 12.742 |
| 2043 | 10.851 | 11.831 | 12.271 | 12.211 | 12.751 |
| 2044 | 10.861 | 11.841 | 12.281 | 12.221 | 12.761 |
| 2045 | 10.870 | 11.850 | 12.290 | 12.230 | 12.770 |
| 2046 | 10.880 | 11.860 | 12.300 | 12.240 | 12.780 |
| 2047 | 10.890 | 11.870 | 12.310 | 12.250 | 12.790 |
| 2048 | 10.899 | 11.879 | 12.319 | 12.259 | 12.799 |
| 2049 | 10.909 | 11.889 | 12.329 | 12.269 | 12.809 |
| 2050 | 10.918 | 11.898 | 12.338 | 12.278 | 12.818 |
| 2051 | 10.928 | 11.908 | 12.348 | 12.288 | 12.828 |
| 2052 | 10.938 | 11.918 | 12.358 | 12.298 | 12.838 |
| 2053 | 10.947 | 11.927 | 12.367 | 12.307 | 12.847 |
| 2054 | 10.957 | 11.937 | 12.377 | 12.317 | 12.857 |
| 2055 | 10.966 | 11.946 | 12.386 | 12.326 | 12.866 |
| 2056 | 10.976 | 11.956 | 12.396 | 12.336 | 12.876 |
| 2057 | 10.986 | 11.966 | 12.406 | 12.346 | 12.886 |
| 2058 | 10.995 | 11.975 | 12.415 | 12.355 | 12.895 |
| 2059 | 11.005 | 11.985 | 12.425 | 12.365 | 12.905 |
| 2060 | 11.014 | 11.994 | 12.434 | 12.374 | 12.914 |
| 2061 | 11.024 | 12.004 | 12.444 | 12.384 | 12.924 |
| 2062 | 11.034 | 12.014 | 12.454 | 12.394 | 12.934 |
| 2063 | 11.043 | 12.023 | 12.463 | 12.403 | 12.943 |
| 2064 | 11.053 | 12.033 | 12.473 | 12.413 | 12.953 |
| 2065 | 11.062 | 12.042 | 12.482 | 12.422 | 12.962 |
| 2066 | 11.072 | 12.052 | 12.492 | 12.432 | 12.972 |
| 2067 | 11.082 | 12.062 | 12.502 | 12.442 | 12.982 |
| 2068 | 11.091 | 12.071 | 12.511 | 12.451 | 12.991 |
| 2069 | 11.101 | 12.081 | 12.521 | 12.461 | 13.001 |
| 2070 | 11.110 | 12.090 | 12.530 | 12.470 | 13.010 |
| 2071 | 11.120 | 12.400 | 13.440 | 13.660 | 14.580 |
| 2072 | 11.130 | 12.410 | 13.450 | 13.670 | 14.590 |
| 2073 | 11.139 | 12.419 | 13.459 | 13.679 | 14.599 |
| 2074 | 11.149 | 12.429 | 13.469 | 13.689 | 14.609 |
| 2075 | 11.158 | 12.438 | 13.478 | 13.698 | 14.618 |
| 2076 | 11.168 | 12.448 | 13.488 | 13.708 | 14.628 |
| 2077 | 11.178 | 12.458 | 13.498 | 13.718 | 14.638 |
| 2078 | 11.187 | 12.467 | 13.507 | 13.727 | 14.647 |
| 2079 | 11.197 | 12.477 | 13.517 | 13.737 | 14.657 |
| 2080 | 11.206 | 12.486 | 13.526 | 13.746 | 14.666 |
| 2081 | 11.216 | 12.496 | 13.536 | 13.756 | 14.676 |
| 2082 | 11.226 | 12.506 | 13.546 | 13.766 | 14.686 |
| 2083 | 11.235 | 12.515 | 13.555 | 13.775 | 14.695 |
| 2084 | 11.245 | 12.525 | 13.565 | 13.785 | 14.705 |
| 2085 | 11.254 | 12.534 | 13.574 | 13.794 | 14.714 |
| 2086 | 11.264 | 12.544 | 13.584 | 13.804 | 14.724 |
| 2087 | 11.274 | 12.554 | 13.594 | 13.814 | 14.734 |
| 2088 | 11.283 | 12.563 | 13.603 | 13.823 | 14.743 |
| 2089 | 11.293 | 12.573 | 13.613 | 13.833 | 14.753 |
| 2090 | 11.302 | 12.582 | 13.622 | 13.842 | 14.762 |
| 2091 | 11.312 | 12.592 | 13.632 | 13.852 | 14.772 |
| 2092 | 11.322 | 12.602 | 13.642 | 13.862 | 14.782 |
| 2093 | 11.331 | 12.611 | 13.651 | 13.871 | 14.791 |
| 2094 | 11.341 | 12.621 | 13.661 | 13.881 | 14.801 |
| 2095 | 11.350 | 12.630 | 13.670 | 13.890 | 14.810 |
| 2096 | 11.360 | 12.640 | 13.680 | 13.900 | 14.820 |
| 2097 | 11.370 | 12.650 | 13.690 | 13.910 | 14.830 |
| 2098 | 11.379 | 12.659 | 13.699 | 13.919 | 14.839 |
| 2099 | 11.389 | 12.669 | 13.709 | 13.929 | 14.849 |
| 2100 | 11.398 | 12.678 | 13.718 | 13.938 | 14.858 |

Anexo 8: Proyecciones de la precipitación acumulada con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en mm.

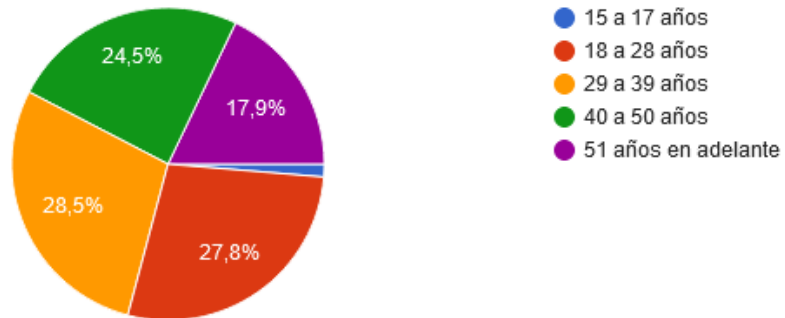
| Año | Precipitación Acumulada | Escenarios de Cambio Climático | | | |
|------|-------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
| | | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2017 | 1537.865 | 1471.737 | 1484.040 | 1584.001 | 1582.463 |
| 2018 | 1548.210 | 1481.637 | 1494.023 | 1594.656 | 1593.108 |
| 2019 | 1558.555 | 1491.537 | 1504.006 | 1605.312 | 1603.753 |
| 2020 | 1568.900 | 1501.437 | 1513.989 | 1615.967 | 1614.398 |
| 2021 | 1579.245 | 1511.337 | 1523.971 | 1626.622 | 1625.043 |
| 2022 | 1589.590 | 1521.238 | 1533.954 | 1637.278 | 1635.688 |
| 2023 | 1599.935 | 1531.138 | 1543.937 | 1647.933 | 1646.333 |
| 2024 | 1610.280 | 1541.038 | 1553.920 | 1658.588 | 1656.978 |
| 2025 | 1620.625 | 1550.938 | 1563.903 | 1669.244 | 1667.623 |
| 2026 | 1630.970 | 1560.838 | 1573.886 | 1679.899 | 1678.268 |
| 2027 | 1641.315 | 1570.738 | 1583.869 | 1690.554 | 1688.913 |
| 2028 | 1651.660 | 1580.639 | 1593.852 | 1701.210 | 1699.558 |
| 2029 | 1662.005 | 1590.539 | 1603.835 | 1711.865 | 1710.203 |
| 2030 | 1672.350 | 1600.439 | 1613.818 | 1722.521 | 1720.848 |
| 2031 | 1682.695 | 1610.339 | 1623.801 | 1733.176 | 1731.493 |
| 2032 | 1693.040 | 1620.239 | 1633.784 | 1743.831 | 1742.138 |
| 2033 | 1703.385 | 1630.139 | 1643.767 | 1754.487 | 1752.783 |
| 2034 | 1713.730 | 1640.040 | 1653.749 | 1765.142 | 1763.428 |
| 2035 | 1724.075 | 1649.940 | 1663.732 | 1775.797 | 1774.073 |
| 2036 | 1734.420 | 1659.840 | 1673.715 | 1786.453 | 1784.718 |
| 2037 | 1744.765 | 1669.740 | 1683.698 | 1797.108 | 1795.363 |
| 2038 | 1755.110 | 1679.640 | 1693.681 | 1807.763 | 1806.008 |
| 2039 | 1765.455 | 1689.540 | 1703.664 | 1818.419 | 1816.653 |
| 2040 | 1775.800 | 1699.441 | 1713.647 | 1829.074 | 1827.298 |
| 2041 | 1786.145 | 1709.341 | 1723.630 | 1839.729 | 1837.943 |
| 2042 | 1796.490 | 1719.241 | 1733.613 | 1850.384 | 1848.588 |
| 2043 | 1806.835 | 1729.141 | 1743.596 | 1861.039 | 1859.233 |
| 2044 | 1817.180 | 1739.041 | 1753.579 | 1871.694 | 1869.878 |
| 2045 | 1827.525 | 1748.941 | 1763.562 | 1882.349 | 1880.523 |
| 2046 | 1837.870 | 1758.842 | 1773.545 | 1893.004 | 1891.168 |
| 2047 | 1848.215 | 1768.742 | 1783.528 | 1903.659 | 1901.813 |
| 2048 | 1858.560 | 1778.642 | 1793.511 | 1914.314 | 1912.458 |
| 2049 | 1868.905 | 1788.542 | 1803.494 | 1924.969 | 1923.103 |
| 2050 | 1879.250 | 1798.442 | 1813.477 | 1935.624 | 1933.748 |
| 2051 | 1889.595 | 1808.342 | 1823.460 | 1946.279 | 1944.393 |
| 2052 | 1899.940 | 1818.243 | 1833.443 | 1956.934 | 1955.038 |
| 2053 | 1910.285 | 1828.143 | 1843.426 | 1967.589 | 1965.683 |
| 2054 | 1920.630 | 1838.043 | 1853.409 | 1978.244 | 1976.328 |
| 2055 | 1930.975 | 1847.943 | 1863.392 | 1988.899 | 1986.973 |
| 2056 | 1941.320 | 1857.843 | 1873.375 | 1999.554 | 1997.618 |
| 2057 | 1951.665 | 1867.743 | 1883.358 | 2010.209 | 2008.263 |
| 2058 | 1962.010 | 1877.644 | 1893.341 | 2020.864 | 2018.908 |
| 2059 | 1972.355 | 1887.544 | 1903.324 | 2031.519 | 2029.553 |
| 2060 | 1982.700 | 1897.444 | 1913.307 | 2042.174 | 2040.198 |
| 2061 | 1993.045 | 1907.344 | 1923.290 | 2052.829 | 2050.843 |
| 2062 | 2003.390 | 1917.244 | 1933.273 | 2063.484 | 2061.488 |
| 2063 | 2013.735 | 1927.144 | 1943.256 | 2074.139 | 2072.133 |
| 2064 | 2024.080 | 1937.045 | 1953.239 | 2084.794 | 2082.778 |
| 2065 | 2034.425 | 1946.945 | 1963.222 | 2095.449 | 2093.423 |
| 2066 | 2044.770 | 1956.845 | 1973.205 | 2106.104 | 2104.068 |
| 2067 | 2055.115 | 1966.745 | 1983.188 | 2116.759 | 2114.713 |
| 2068 | 2065.460 | 1976.645 | 1993.171 | 2127.414 | 2125.358 |
| 2069 | 2075.805 | 1986.545 | 2003.154 | 2138.069 | 2136.003 |
| 2070 | 2086.150 | 1996.446 | 2013.137 | 2148.724 | 2146.648 |
| 2071 | 2096.495 | 2006.346 | 2023.120 | 2159.379 | 2157.293 |
| 2072 | 2106.840 | 2016.246 | 2033.103 | 2170.034 | 2167.938 |
| 2073 | 2117.185 | 2026.146 | 2043.086 | 2180.689 | 2178.583 |
| 2074 | 2127.530 | 2036.046 | 2053.069 | 2191.344 | 2189.228 |
| 2075 | 2137.875 | 2045.946 | 2063.052 | 2202.000 | 2200.000 |
| 2076 | 2148.220 | 2055.846 | 2073.035 | 2212.655 | 2210.755 |
| 2077 | 2158.565 | 2065.746 | 2083.018 | 2223.310 | 2221.510 |
| 2078 | 2168.910 | 2075.646 | 2093.001 | 2233.965 | 2232.265 |
| 2079 | 2179.255 | 2085.546 | 2103.000 | 2244.620 | 2243.020 |
| 2080 | 2189.600 | 2095.446 | 2113.000 | 2255.275 | 2253.775 |
| 2081 | 2199.945 | 2105.346 | 2123.000 | 2265.930 | 2264.530 |
| 2082 | 2210.290 | 2115.246 | 2133.000 | 2276.585 | 2275.285 |
| 2083 | 2220.635 | 2125.146 | 2143.000 | 2287.240 | 2286.040 |
| 2084 | 2230.980 | 2135.046 | 2153.000 | 2297.895 | 2296.795 |
| 2085 | 2241.325 | 2144.946 | 2163.000 | 2308.550 | 2307.550 |
| 2086 | 2251.670 | 2154.846 | 2173.000 | 2319.205 | 2318.305 |
| 2087 | 2262.015 | 2164.746 | 2183.000 | 2329.860 | 2329.060 |
| 2088 | 2272.360 | 2174.646 | 2193.000 | 2340.515 | 2339.815 |
| 2089 | 2282.705 | 2184.546 | 2203.000 | 2351.170 | 2350.570 |
| 2090 | 2293.050 | 2194.446 | 2213.000 | 2361.825 | 2361.325 |
| 2091 | 2303.395 | 2204.346 | 2223.000 | 2372.480 | 2372.080 |
| 2092 | 2313.740 | 2214.246 | 2233.000 | 2383.135 | 2382.835 |
| 2093 | 2324.085 | 2224.146 | 2243.000 | 2393.790 | 2393.590 |
| 2094 | 2334.430 | 2234.046 | 2253.000 | 2404.445 | 2404.345 |
| 2095 | 2344.775 | 2243.946 | 2263.000 | 2415.100 | 2415.100 |
| 2096 | 2355.120 | 2253.846 | 2273.000 | 2425.755 | 2425.855 |
| 2097 | 2365.465 | 2263.746 | 2283.000 | 2436.410 | 2436.610 |
| 2098 | 2375.810 | 2273.646 | 2293.000 | 2447.065 | 2447.365 |
| 2099 | 2386.155 | 2283.546 | 2303.000 | 2457.720 | 2458.120 |
| 2100 | 2396.500 | 2293.446 | 2313.000 | 2468.375 | 2468.875 |

Anexo 9: Proyecciones del caudal medio del río Chalpi Grande con sus escenarios de cambio climático desde el año 2016 al 2100. Registros medidos en °C.

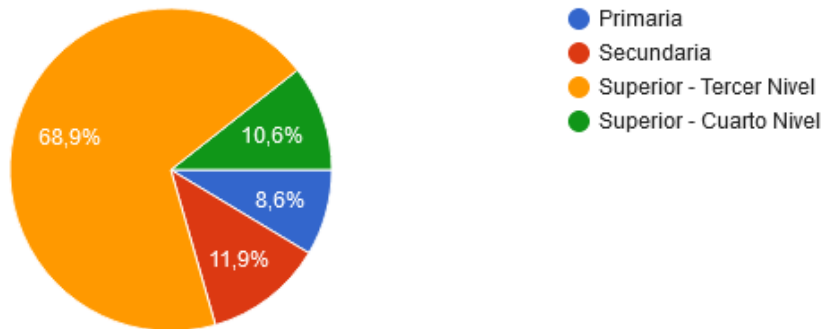
| Año | Caudal | Escenarios de Cambio Climático | | | |
|------|--------|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 6.0 | RCP 8.5 |
| 2017 | 5.195 | 4.972 | 4.798 | 5.351 | 5.346 |
| 2018 | 5.182 | 4.959 | 4.786 | 5.338 | 5.332 |
| 2019 | 5.169 | 4.947 | 4.774 | 5.324 | 5.319 |
| 2020 | 5.156 | 4.934 | 4.762 | 5.311 | 5.306 |
| 2021 | 5.143 | 4.922 | 4.749 | 5.297 | 5.292 |
| 2022 | 5.130 | 4.909 | 4.737 | 5.284 | 5.279 |
| 2023 | 5.117 | 4.897 | 4.725 | 5.270 | 5.265 |
| 2024 | 5.104 | 4.884 | 4.713 | 5.257 | 5.252 |
| 2025 | 5.091 | 4.872 | 4.701 | 5.243 | 5.238 |
| 2026 | 5.077 | 4.859 | 4.689 | 5.230 | 5.225 |
| 2027 | 5.064 | 4.847 | 4.677 | 5.216 | 5.211 |
| 2028 | 5.051 | 4.834 | 4.665 | 5.203 | 5.198 |
| 2029 | 5.038 | 4.821 | 4.653 | 5.189 | 5.184 |
| 2030 | 5.025 | 4.809 | 4.641 | 5.176 | 5.171 |
| 2031 | 5.012 | 4.796 | 4.629 | 5.162 | 5.157 |
| 2032 | 4.999 | 4.784 | 4.616 | 5.149 | 5.144 |
| 2033 | 4.986 | 4.771 | 4.604 | 5.135 | 5.130 |
| 2034 | 4.973 | 4.759 | 4.592 | 5.122 | 5.117 |
| 2035 | 4.960 | 4.746 | 4.580 | 5.108 | 5.103 |
| 2036 | 4.946 | 4.734 | 4.568 | 5.095 | 5.090 |
| 2037 | 4.933 | 4.721 | 4.556 | 5.081 | 5.076 |
| 2038 | 4.920 | 4.709 | 4.544 | 5.068 | 5.063 |
| 2039 | 4.907 | 4.696 | 4.532 | 5.054 | 5.049 |
| 2040 | 4.894 | 4.684 | 4.520 | 5.041 | 5.036 |
| 2041 | 4.881 | 4.671 | 4.509 | 5.028 | 5.023 |
| 2042 | 4.868 | 4.658 | 4.497 | 5.015 | 5.010 |
| 2043 | 4.855 | 4.646 | 4.485 | 5.002 | 4.997 |
| 2044 | 4.842 | 4.633 | 4.473 | 4.989 | 4.984 |
| 2045 | 4.829 | 4.621 | 4.461 | 4.976 | 4.971 |
| 2046 | 4.815 | 4.608 | 4.449 | 4.963 | 4.958 |
| 2047 | 4.802 | 4.596 | 4.437 | 4.950 | 4.945 |
| 2048 | 4.789 | 4.583 | 4.425 | 4.937 | 4.932 |
| 2049 | 4.776 | 4.571 | 4.413 | 4.924 | 4.919 |
| 2050 | 4.763 | 4.558 | 4.401 | 4.911 | 4.906 |
| 2051 | 4.750 | 4.546 | 4.389 | 4.898 | 4.893 |
| 2052 | 4.737 | 4.533 | 4.377 | 4.885 | 4.880 |
| 2053 | 4.724 | 4.521 | 4.365 | 4.872 | 4.867 |
| 2054 | 4.711 | 4.508 | 4.353 | 4.859 | 4.854 |
| 2055 | 4.698 | 4.496 | 4.341 | 4.846 | 4.841 |
| 2056 | 4.684 | 4.483 | 4.329 | 4.833 | 4.828 |
| 2057 | 4.671 | 4.470 | 4.317 | 4.820 | 4.815 |
| 2058 | 4.658 | 4.458 | 4.305 | 4.807 | 4.802 |
| 2059 | 4.645 | 4.445 | 4.293 | 4.794 | 4.789 |
| 2060 | 4.632 | 4.433 | 4.281 | 4.781 | 4.776 |
| 2061 | 4.619 | 4.420 | 4.269 | 4.768 | 4.763 |
| 2062 | 4.606 | 4.408 | 4.257 | 4.755 | 4.750 |
| 2063 | 4.593 | 4.395 | 4.245 | 4.742 | 4.737 |
| 2064 | 4.580 | 4.383 | 4.233 | 4.729 | 4.724 |
| 2065 | 4.567 | 4.370 | 4.221 | 4.716 | 4.711 |
| 2066 | 4.553 | 4.358 | 4.209 | 4.703 | 4.698 |
| 2067 | 4.540 | 4.345 | 4.197 | 4.690 | 4.685 |
| 2068 | 4.527 | 4.333 | 4.185 | 4.677 | 4.672 |
| 2069 | 4.514 | 4.320 | 4.173 | 4.664 | 4.659 |
| 2070 | 4.501 | 4.307 | 4.161 | 4.651 | 4.646 |
| 2071 | 4.488 | 4.295 | 4.149 | 4.638 | 4.633 |
| 2072 | 4.475 | 4.282 | 4.137 | 4.625 | 4.620 |
| 2073 | 4.462 | 4.270 | 4.125 | 4.612 | 4.607 |
| 2074 | 4.449 | 4.258 | 4.113 | 4.599 | 4.594 |
| 2075 | 4.436 | 4.245 | 4.101 | 4.586 | 4.581 |
| 2076 | 4.422 | 4.233 | 4.089 | 4.573 | 4.568 |
| 2077 | 4.409 | 4.220 | 4.077 | 4.560 | 4.555 |
| 2078 | 4.396 | 4.208 | 4.065 | 4.547 | 4.542 |
| 2079 | 4.383 | 4.196 | 4.053 | 4.534 | 4.529 |
| 2080 | 4.370 | 4.184 | 4.041 | 4.521 | 4.516 |
| 2081 | 4.357 | 4.172 | 4.029 | 4.508 | 4.503 |
| 2082 | 4.344 | 4.160 | 4.017 | 4.495 | 4.490 |
| 2083 | 4.331 | 4.148 | 4.005 | 4.482 | 4.477 |
| 2084 | 4.318 | 4.136 | 3.993 | 4.469 | 4.464 |
| 2085 | 4.305 | 4.124 | 3.981 | 4.456 | 4.451 |
| 2086 | 4.291 | 4.112 | 3.969 | 4.443 | 4.438 |
| 2087 | 4.278 | 4.100 | 3.957 | 4.430 | 4.425 |
| 2088 | 4.265 | 4.088 | 3.945 | 4.417 | 4.412 |
| 2089 | 4.252 | 4.076 | 3.933 | 4.404 | 4.400 |
| 2090 | 4.239 | 4.064 | 3.921 | 4.391 | 4.387 |
| 2091 | 4.226 | 4.052 | 3.909 | 4.378 | 4.374 |
| 2092 | 4.213 | 4.040 | 3.897 | 4.365 | 4.361 |
| 2093 | 4.200 | 4.028 | 3.885 | 4.352 | 4.348 |
| 2094 | 4.187 | 4.016 | 3.873 | 4.339 | 4.335 |
| 2095 | 4.174 | 4.004 | 3.861 | 4.326 | 4.322 |
| 2096 | 4.160 | 3.992 | 3.849 | 4.313 | 4.309 |
| 2097 | 4.147 | 3.980 | 3.837 | 4.300 | 4.300 |
| 2098 | 4.134 | 3.968 | 3.825 | 4.287 | 4.291 |
| 2099 | 4.121 | 3.956 | 3.813 | 4.274 | 4.282 |
| 2100 | 4.108 | 3.944 | 3.801 | 4.261 | 4.273 |

Anexo 10: Resultado de la encuesta a pobladores de Papallacta y Cuyuja

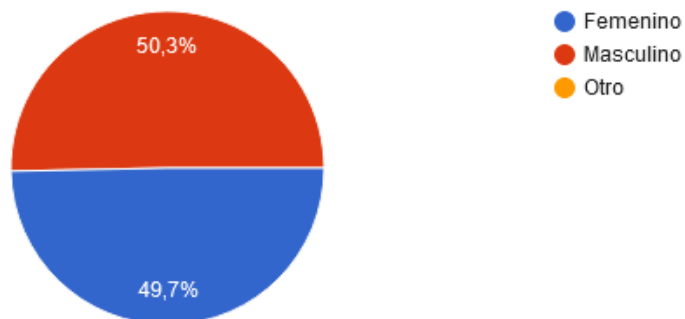
¿Qué edad tiene?



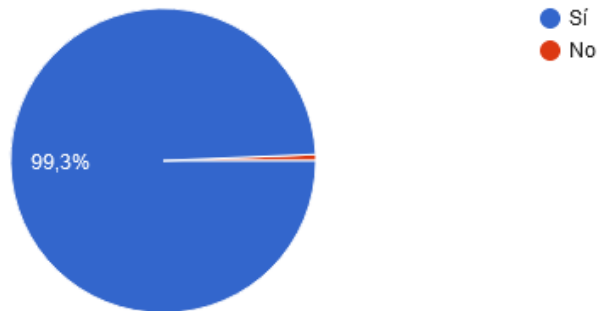
¿Cuál es su nivel de instrucción?



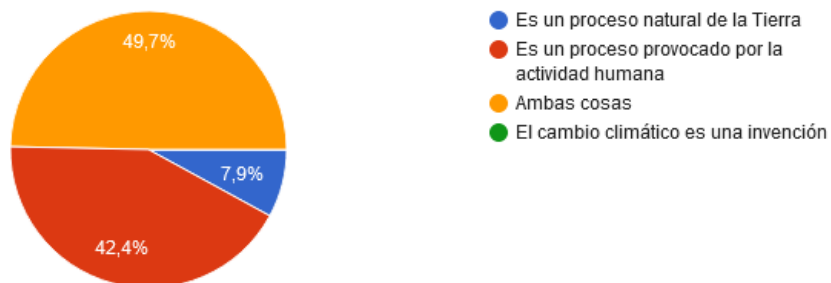
Sexo



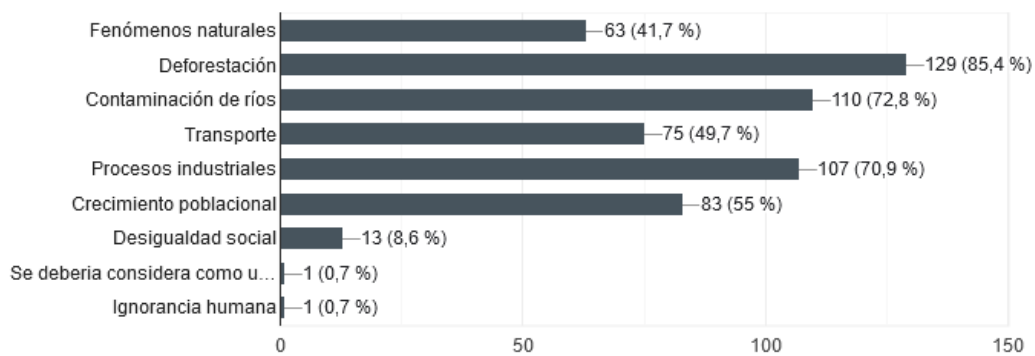
¿Ha escuchado usted hablar sobre el cambio climático?



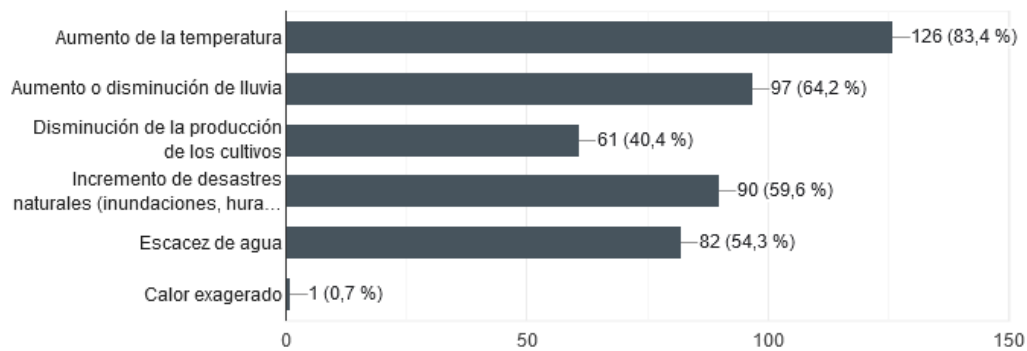
¿Qué se acerca más a lo que piensa sobre el cambio climático?



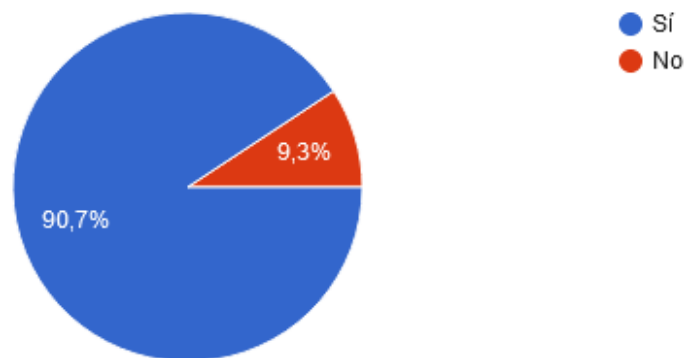
¿Cuáles condiciones cree usted que contribuyen al cambio climático?



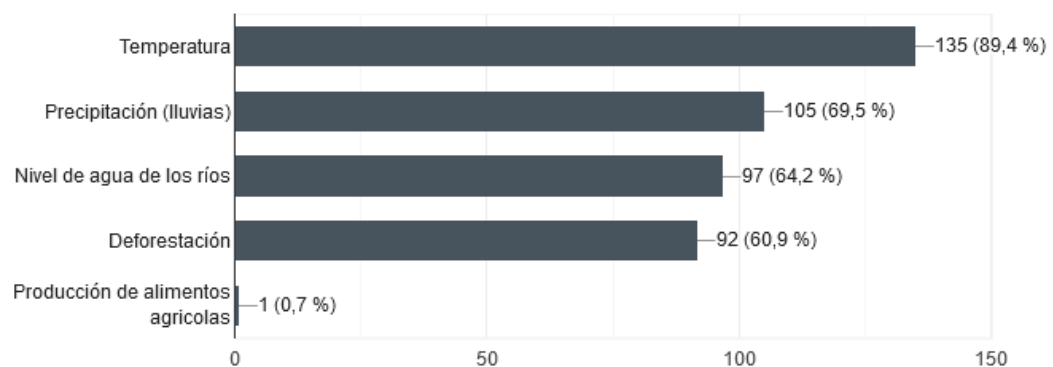
Escoja cuál de los siguientes problemas ambientales considera usted que han sido provocados por el cambio climático



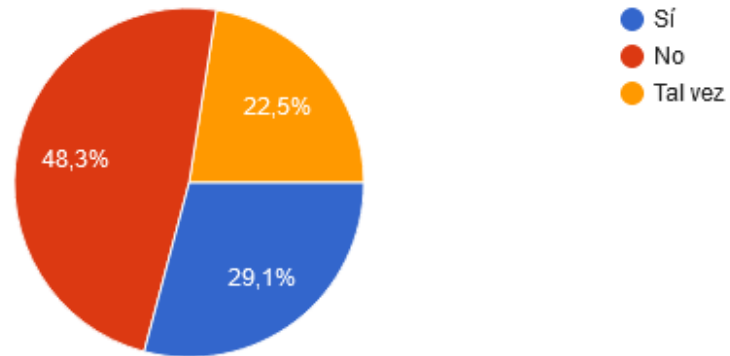
Usted cree que el cambio climático le afectaría de alguna forma



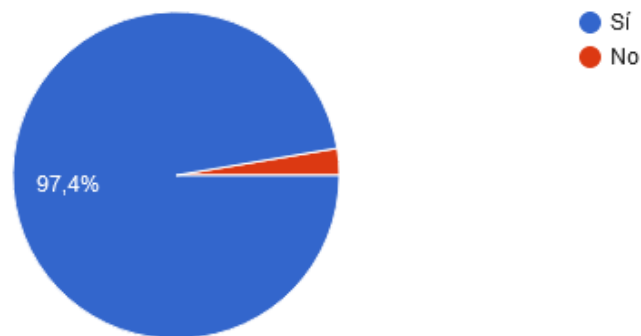
Comparando años pasados con la actualidad, usted considera qué ha existido cambios considerables en:



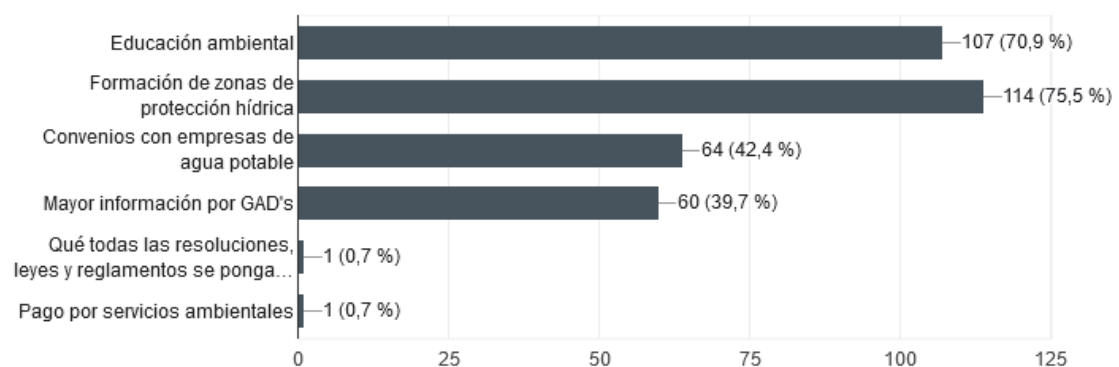
Esta usted de acuerdo de que la empresa de agua potable de Quito tenga sus fuentes de abastecimiento de agua de ríos amazónicos



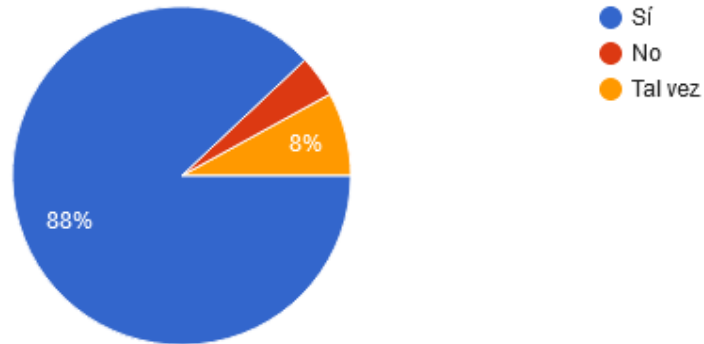
¿Considera usted que el agua potable puede verse afectada por el cambio climático?



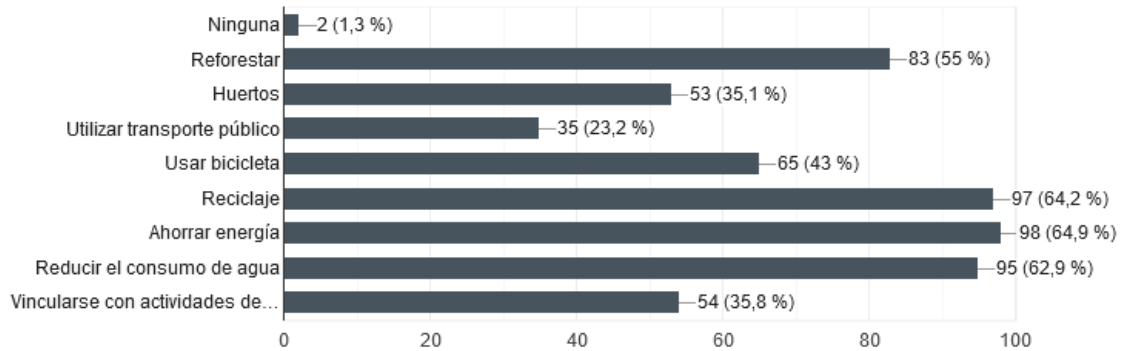
¿Qué medidas de protección para el agua proveniente de los ríos propondría realizar?



Bajo los diferentes escenarios del cambio climático, usted considera que el agua puede llegar a agotarse



¿Qué actividades realizaría usted para enfrentar el cambio climático?



Usted cree que el cambio climático es un problema que debe ser afrontado por:

