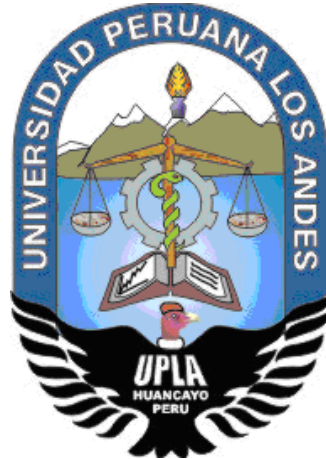


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**CAUDALES MEDIOS MENSUALES DEL RÍO CHILCA
USANDO EL MODELO DETERMINÍSTICO
ESTOCÁSTICO LUTZ SCHOLZ BAJO ESCENARIOS
DE CAMBIO CLIMÁTICO, HUANCAYO - JUNÍN**

PRESENTADO POR:

Bach. SALAZAR MENDOZA, LINO WILDER.

Línea de Investigación Institucional:

Salud y Gestión de la salud.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Huancayo – Perú

2021

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil.

Asesor

Dedicatoria

- A Dios por otorgarme la gracia de vivir.
- A mis padres, ya que sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible cumplir cada uno de mis sueños.

Lino Wilder Salazar Mendoza.

Agradecimientos

- Al Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil, que gracias a sus recomendaciones fue posible culminar esta investigación.

Lino Wilder Salazar Mendoza.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Mg. Alejandro Benjamín García Ortiz
Jurado

Ing. Vladimir Ordoñez Camposano
Jurado

Ing. Edmundo Muñico Casas
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario docente

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	02
1.1. Planteamiento del problema	02
1.2. Formulación y sistematización del problema	03
1.2.1. Problema general	03
1.2.2. Problemas específicos	04
1.3. Justificación	04
1.3.1. Práctica	04
1.3.2. Metodológica	04
1.4. Delimitación	05
1.4.1. Espacial	05
1.4.2. Temporal	06
1.4.3. Económica	06
1.5. Limitaciones	07
1.6. Objetivos	07
1.6.1. Objetivo general	07
1.6.2. Objetivos específicos	07
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	09
2.1. Antecedentes	09
2.1.1. Nacionales	09
2.1.2. Internacionales	11
2.2. Marco conceptual	13
2.2.1. Modelo determinístico estocástico Lutz Scholz	13
2.2.2. Ecuación del balance hídrico	13

2.2.3. Modelamiento hidrológico	13
2.2.4. Escenario de cambio climático	18
2.3. Definición de términos	21
2.4. Hipótesis	22
2.4.1. Hipótesis general	22
2.4.2. Hipótesis específicas	22
2.5. Variables	22
2.5.1. Definición conceptual de las variables	22
2.5.2. Definición operacional de las variables	23
2.5.3. Operacionalización de las variables	23
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA	24
3.1. Método de investigación	24
3.2. Tipo de investigación	24
3.3. Nivel de investigación	24
3.4. Diseño de la investigación	24
3.5. Población y muestra	25
3.5.1. Población	25
3.5.2. Muestra	25
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.7. Procedimiento de recolección de datos	26
3.7.1. Datos meteorológicos	26
3.7.2. Caracterización de las microcuencas	31
3.7.3. Datos de las microcuencas para el cálculo del caudal	33
3.7.4. Datos de las microcuencas para el cálculo del caudal con escenario de cambio climático	35
3.7.5. Cálculo del caudal	37
3.7.6. Cálculo del caudal con escenario de cambio climático	40
3.8. Técnicas y análisis de datos	44
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS	44
4.1. Variación del caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático	45

4.2. Variación del caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático	46
4.3. Variación del caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático	47
4.4. Variación del caudal del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático	49
4.5. Contrastación estadística	50
4.5.1. Prueba de normalidad	50
4.5.2. Prueba estadística	51
4.5.3. Calculo estadístico	54
CAPÍTULO V	
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	64
Anexo N° 01: matriz de consistencia	65
Anexo N° 02: datos meteorológicos	68
Anexo N° 03: panel fotográfico	71
Anexo N° 04: planos	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.	14
Tabla 2. Coeficiente de agotamiento según características de la cuenca hidrográfica.	15
Tabla 3. Coeficientes de almacenamiento hídrico (valores de a_i en %).	17
Tabla 4. Escenario de cambio climático al 2100 para la temperatura media.	19
Tabla 5. Escenario de cambio climático al 2100 para la precipitación media.	20
Tabla 6. Operacionalización de las variables.	23
Tabla 7. Precipitación media.	27
Tabla 8. Temperatura promedio.	28
Tabla 9. Caracterización de la microcuenca I.	31
Tabla 10. Caracterización de la microcuenca II.	32
Tabla 11. Caracterización de la microcuenca III.	32
Tabla 12. Características de la microcuenca I para la simulación del caudal.	33
Tabla 13. Características de la microcuenca II para la simulación del caudal.	34
Tabla 14. Características de la microcuenca III para la simulación del caudal.	34
Tabla 15. Características de la microcuenca I para la simulación del caudal con escenario de cambio climático.	35
Tabla 16. Características de la microcuenca II para la simulación del caudal con escenario de cambio climático.	36
Tabla 17. Características de la microcuenca III para la simulación del caudal con escenario de cambio climático.	36
Tabla 18. Cálculo del caudal en la microcuenca I sin escenario de cambio climático.	38
Tabla 19. Cálculo del caudal en la microcuenca II sin escenario de cambio climático.	39
Tabla 20. Cálculo del caudal en la microcuenca III sin escenario de cambio climático.	40
Tabla 21. Cálculo del caudal en la microcuenca I con escenario de cambio climático.	41
Tabla 22. Cálculo del caudal en la microcuenca II con escenario de cambio climático.	42
Tabla 23. Cálculo del caudal en la microcuenca III con escenario de cambio climático.	43

Tabla 24. Variación del caudal en la microcuenca I sin y con escenario de cambio climático.	45
Tabla 25. Variación del caudal en la microcuenca II sin y con escenario de cambio climático.	46
Tabla 26. Variación del caudal en la microcuenca III sin y con escenario de cambio climático.	48
Tabla 27. Variación del caudal del río Chilca sin y con escenario de cambio climático.	49
Tabla 28. Prueba de normalidad de los datos.	50
Tabla 29. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales de la microcuenca I.	52
Tabla 30. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales de la microcuenca II.	52
Tabla 31. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales de la microcuenca III.	53
Tabla 32. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales totales.	54
Tabla 33. Datos de precipitación según la estación Viques.	69
Tabla 34. Datos de temperatura media según la estación Viques.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.	4
Figura 2. Ubicación del área de estudio.	6
Figura 3. Vista de las microcuencas que conforman la unidad hidrográfica del río Chilca.	25
Figura 4. Precipitación media sin escenario de cambio climático.	28
Figura 5. Precipitación media con escenario de cambio climático.	28
Figura 6. Temperatura promedio sin escenario de cambio climático.	30
Figura 7. Temperatura promedio con escenario de cambio climático.	30
Figura 8. Caudal en la microcuenca I.	46
Figura 9. Caudal en la microcuenca II.	47
Figura 10. Caudal en la microcuenca III.	48
Figura 11. Caudal del río Chilca.	50
Figura 12. Diferencia de rangos entre caudales de la microcuenca I.	51
Figura 13. Diferencia de rangos entre caudales de la microcuenca II.	52
Figura 14. Diferencia de rangos entre caudales de la microcuenca III.	53
Figura 15. Diferencia de rangos entre caudales totales.	54

RESUMEN

La presente tesis tuvo como problema general: ¿Cómo varían los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo – Junín?, como objetivo general: Evaluar cómo varían los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo – Junín y la hipótesis general que se verificó fue: Los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático varían en relación al escenario actual.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue explicativo y el diseño fue experimental. La población correspondió del río Chilca, que se ubica entre los distritos de Huancayo y Chilca, en la provincia de Huancayo del departamento de Junín y la muestra según el tipo de muestreo no probabilístico intencional fue la totalidad del río Chilca.

Como conclusión general se estableció que, los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático no varían significativamente en relación al escenario actual.

Palabras clave: caudal, río Chilca, Lutz Scholz, escenario de cambio climático.

ABSTRACT

The general problem of this thesis was: How do monthly mean flows vary in the Chilca river hydrographic unit using the Lutz Scholz stochastic deterministic model under climate change scenarios, Huancayo - Junín, as general objective: To evaluate how monthly mean flows vary in the Chilca river hydrographic unit using the stochastic deterministic Lutz Scholz model under climate change scenarios, Huancayo - Junín and the general hypothesis that was verified was: monthly mean flows in the Chilca river hydrographic unit using the stochastic deterministic Lutz Scholz model under climate change scenarios vary in relation to the current scenario.

The research method was scientific, the type of research was explanatory and the design was experimental. The population corresponded to the hydrographic unit of the Chilca river, which is located between the districts of Huancayo and Chilca, in the province of Huancayo in the department of Junín, and the sample according to the type of non-probabilistic intentional sampling was the entire hydrographic unit of the Chilca river.

As a general conclusion, it was established that the mean monthly flows in the Chilca river hydrographic unit using the Lutz Scholz stochastic deterministic model under climate change scenarios do not vary significantly in relation to the current scenario.

Key words: flow, Chilca river, Lutz Scholz, climate change scenario.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación “Caudales medios mensuales del río chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo - Junín” nació de la problemática que se muestra a nivel mundial sobre el desconocimiento de la cantidad de recurso hídrico con el que se cuenta, impidiendo que se pueda distribuir adecuadamente para el consumo y para la producción de bienes y servicios, además, se pretendió conocer cómo varía este caudal al ser afectado a un escenario de cambio climático, en tal situación se tiene como objetivo evaluar cómo varían los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo – Junín. Para esto se caracterizó cada una de las microcuencas que se encuentran del río Chilca, en cuanto a los parámetros asociados a la forma, a la pendiente y al drenaje, consecuentemente, se contó con los datos de precipitación y temperatura media según la estación meteorológicas Viques que, fue variada con el escenario de cambio climático al año 2100 del IPCC, por consiguiente, se determinó los caudales mediante método Lutz Scholz sin y con escenario de cambio climático; finalmente, para verificar si los caudales sin y con escenario de cambio climático difieren significativamente se realizó la prueba de normalidad de los datos, dando como resulta la aplicación del estadístico U de Mann-Whitney.

Para un mejor entendimiento, la presente tesis se ha dividido en los siguientes capítulos:

Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, donde se fundamenta el planteamiento del problema, se formula y sistematiza el problema general y los específicos, se muestra, además, la justificación práctica y metodológica, las delimitaciones como espacial, temporal y económica, las limitaciones y los objetivos de la investigación.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO, se especifica los antecedentes nacionales e internacionales, el marco conceptual haciendo énfasis en el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y escenario de cambio climático; se muestra, además, la definición de términos, la hipótesis tanto general y

específicas, las variables, con su definición conceptual, operacional y su operacionalización.

Capítulo III: METODOLOGÍA, se especifica qué método de investigación se utilizó, así como el tipo, el nivel y el diseño; asimismo, se muestra la población y la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procedimiento de recolección de datos y las técnicas de análisis de datos.

Capítulo IV: RESULTADOS, donde se muestran los resultados obtenidos en base a los objetivos planteados, tales como la determinación de los caudales medios mensuales del río Chilca sin y con escenario de cambio climático, adicionalmente, en este capítulo se realizó la contrastación estadística de la hipótesis de la investigación.

Capítulo V: DISCUSIONES, en este capítulo se realizó las discusiones de los resultados obtenidos, tomando como referencia los antecedentes nacionales e internacionales considerados en la investigación.

Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos, como la matriz de consistencia, panel fotográfico y los planos.

Bach. Lino Wilder Salazar Mendoza.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El agua es considerado como un recurso natural muy importante y estratégico a nivel mundial, la existencia de seres vivos depende de su presencia, entonces el principal objetivo es mantener un suministro suficiente de agua (Fuentes, 2011); no obstante, en la actualidad se presenta alteraciones climáticas por el cambio climático que va afectando a las condiciones hidrológicas, que a su vez impacta los sistemas de recursos hídricos; siendo necesario el evaluar cuánto recurso hídrico se tiene (León, 2017).

En Latinoamérica, 100 millones de personas carecen de recurso hídrico, donde la problemática recae en el desconocimiento que se tiene sobre el mismo, lo cual no permite distribuir adecuadamente cierto volumen de agua a la población tanto para consumo individual y para la producción de bienes o servicios.

Saber la cantidad del recurso hídrico en las diversas unidades hidrográficas del Perú es considerado como uno de los mayores retos para el manejo del agua y de los ecosistemas que requieren de su ciclo natural. A pesar que el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú es el encargo de contar con información concerniente a la cantidad y calidad, esto no se da por las diversas limitaciones presupuestarias; siendo

necesario los diversos estudios relacionados que permitan calcular el caudal promedio mensual de los diferentes ríos del país (Tapia, 2016).

En la unidad hidrográfica de río Chilca, se muestra esta problemática pues no se cuenta con información concerniente a cuánto recurso hídrico se presenta, por lo que esta investigación utilizó el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para calcular el caudal promedio mensual no sólo del río principal sino de los diferentes afluentes que lo conforman bajo escenarios de cambio climático al año 2100, buscando con ello contribuir a la toma de decisiones respecto al uso racional del recurso hídrico.

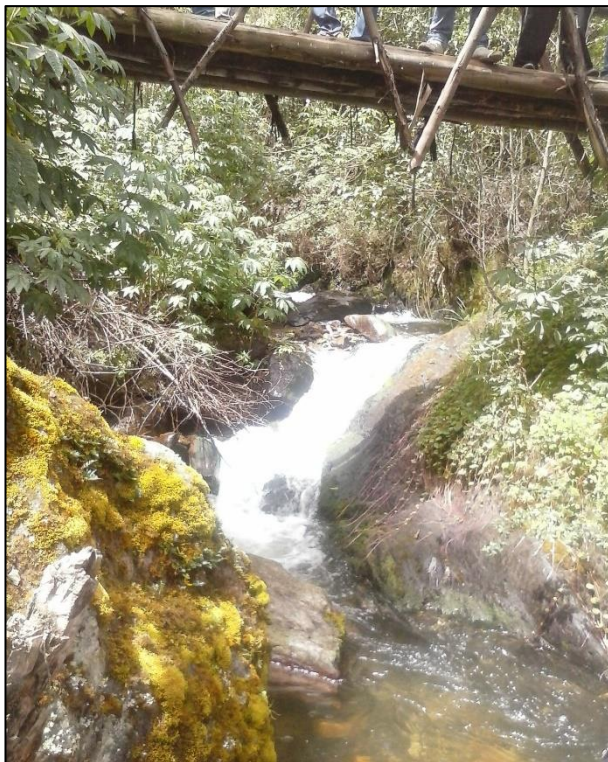


Figura 1. Vista de las aguas del río Chilca.

Fuete: Propia

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es la variación de los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo – Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué forma varía el caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático?
- b) ¿Cuál es la variación del caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático?
- c) ¿Cómo es la variación del caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

La investigación contribuirá a resolver un problema real que aqueja a la sociedad, el cual es el desconocimiento de la cantidad de recurso hídrico con el que se cuenta del río Chilca, tanto del río principal y de sus afluentes, asimismo, se optó por determinarlo los mismos bajo escenarios de cambio climático al año 2100, lo cual podría ayudar en la toma de decisiones para su distribución racional en cada uno de los sectores de la población que hace uso del recurso hídrico del río Chilca.

1.3.2. Metodológica

Con el desarrollo de la investigación se deja un conjunto de procedimientos que podrán ser utilizados por investigaciones similares que apliquen el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para el cálculo de caudales medios mensuales considerando escenarios de cambio climático en cualquier otra unidad hidrográfica de la sierra peruana.

Asimismo, esta investigación podrá ser de gran utilidad en el campo de la ingeniería civil, pues para el diseño de obras hidráulicas de riego, represas o sistemas de abastecimiento de agua, es necesario contar con los caudales medios mensuales que, por lo general es calculado sin considerar el efecto de los escenarios de cambio climático, pudiendo estas obras estar o no sobredimensionadas.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

Se consideró la unidad hidrográfica del río Chilca, que a la vez involucra parte del distrito de Huancayo y Chilca, de la provincia de Huancayo en el departamento de Junín, cuya ubicación referencial se muestra en la siguiente figura:

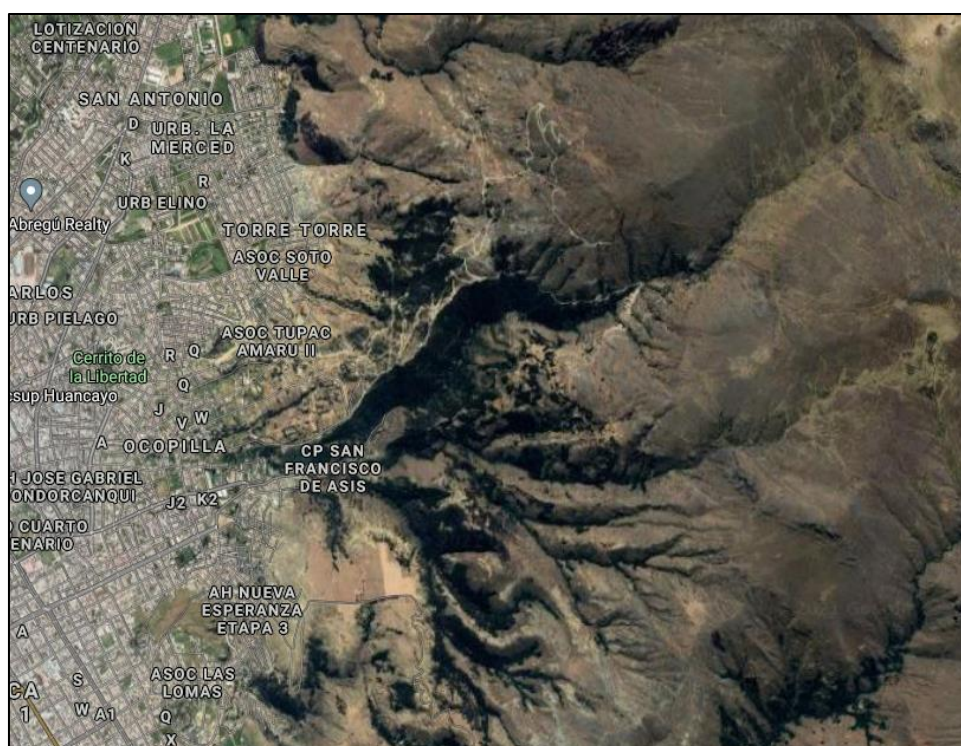


Figura 2. Ubicación del área de estudio.
Fuente: Google Maps (2021).

1.4.2. Temporal

La investigación se desarrolló durante los meses de noviembre y diciembre de 2020 y de enero hasta abril de 2021.

1.4.3. Económica

Todos los gastos que involucraron el desarrollo de esta investigación fueron cubiertos en su totalidad por el tesista.

1.5. Limitaciones

La principal limitación para el desarrollo de esta investigación correspondió a la ausencia de información relacionada a los caudales mensuales del río Chilca, con lo cual se podría calibrar al modelo empleado.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la variación de los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo – Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Explicar la variación el caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático.
- b) Evaluar la variación del caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático.
- c) Demostrar la variación del caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Rosales (2019) realizó la investigación “Oferta hídrica para uso agrario en la microcuenca Huancallima utilizando Arcgis y el modelo de Lutz Scholtz” con el objetivo de determinar la oferta hídrica de mencionada microcuenca por medio del modelo Lutz Scholz a fin de garantizar su disponibilidad para la demanda agrícola. Para ello recolectó información relacionada a precipitación, humedad, radiación solar y temperatura de fuentes como SENAMHI, ALA y PETACC, consecuentemente realizó el análisis de masa de los datos de precipitación para emplearla en la obtención de la precipitación media con el método de regionalización, siguiendo con la aplicación del modelo Lutz Scholtz por medio del coeficiente de escurrimiento, precipitación efectiva, coeficiente de agotamiento, la retención media de la microcuenca y el abastecimiento de la retención; asimismo, determinó la demanda para uso agrícola considerando las cédulas de cultivo y el área a irrigar, finalmente realizó el balance hídrico de la microcuenca. Como resultados obtuvo que se presenta un déficit del recurso hídrico en los meses de julio, agosto y setiembre. Por lo tanto, concluye que el modelo

Lutz Scholtz es el que más se ajusta para calcular caudales mensuales en microcuencas altoandinas con ausencia de datos hidrometeorológicos.

Quiroz (2019) desarrolló la investigación “Disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres ríos”, cuyo objetivo fue estimar la disponibilidad hídrica en la microcuenca Jadibamba con la utilización del modelo determinístico Lutz Scholz más el volumen que se transpone de la cuenca Tres ríos. Para ello delimitó la microcuenca en mención, procediendo con el cálculo de los parámetros geomorfológicos; recolectó información pluviométrica para estimar la precipitación media mensual por medio de Isoyetas. Así obtuvo como resultados que, el caudal en mayo, junio, julio, agosto y setiembre fueron de 2.79 m³/s, 1.64 m³/s, 0.92 m³/s, 1.32 m³/s y 1.75 m³/s, los mismos que se asemejan con lo aforado, pues resultó, 2.99 m³/s, 1.45 m³/s, 0.71 m³/s, 0.57 m³/s y 0.42 m³/s. Finalmente concluye que, el modelo Lutz Scholz se aproxima a los caudales medidos en campo para la microcuenca Jadibamba en el año 2017.

Huamán y Rodríguez (2017) realizaron el artículo científico “Generación de caudales medios mensuales de la cuenca Grande (Mashcón) impactada por actividad minera”, estableciendo como objetivo estimar los caudales medios mensuales de la cuenca Grande con el modelo Lutz Scholz. Para el cumplimiento del mismo, utilizaron precipitación media mensual de 1968 a 2016, lo cual fue procesado acorde a las solicitudes del modelo Lutz Scholz. Según los resultados que obtuvieron demuestran que existe variación del caudal en meses lluviosos desde 7.12 mm/mes a 46.9 mm/mes y de escasez desde 40.5 mm/mes a 28.2 mm/mes. Acorde a los resultados que obtuvieron, concluyen que el volumen aprovechable de la cuenca en estudio debe contar con una persistencia del 75 % para uso agrícola – pecuario, 80 % para el consumo humano, 85 %

de industrial y 95 % para hidroenergía, por encontrarse la cuenca Grande impactada por la actividad minera.

2.1.2. Internacionales

Güiza (2019) desarrolló la investigación “Estimación de los cambios en los índices asociados a la oferta y la demanda del recurso hídrico en la cuenca del río Coello bajo escenarios de cambio climático”, para lo cual consideró como objetivo estimar los cambios que se asocian a los índices de oferta y demanda del recurso hídrico en la cuenca del río Coello por el cambio climático. Realizó el cálculo de caudales mensuales con la herramienta SWAT, por medio de la elevación digital, la cobertura de suelos y las variables climáticas como precipitación, temperatura, radiación solar, punto de rocío y velocidad del viento, los cuales fueron definidos en cuatro escenarios climáticos: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5, dados por el IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático); para la proyección de la demanda consideró al sector agrícola, al sector doméstico, al sector industrial (pecuario y acuícola). Como resultados obtuvo que, el sector agrícola es que el más demanda el recurso hídrico con hasta 30 m³/s del total de 40 m³/s, concluyendo que el índice de aridez indica un déficit de agua en enero y febrero, en cuanto al índice de uso, este presenta una presión en el recurso hídrico; asimismo, considera que los valores más altos se dan en la parte central y baja de la cuenca por concentrar a la población y a la agricultura en mayor densidad.

Laverde y Moyano (2019) elaboraron la investigación “Impacto de los escenarios de cambio climático en la relación oferta - demanda en la cuenca del río Balsillas - departamento de Cundimarca”, donde el objetivo fue analizar la relación de la oferta y la demanda de agua en la cuenca del río Balsillas con escenarios de cambio climático a partir de indicadores. Por consiguiente, estimaron el régimen hidrológico por medio de la herramienta Hydro-BID, considerando variaciones de precipitación y temperatura referidos a los escenarios

de cambio climático dados para Colombia (RCP 4.5, RCP 8.5 y RCP 2.6); para la demanda consideraron a la demanda doméstica, agrícola, pecuaria e industrial. Como resultados obtuvieron que, debido a los escenarios de cambio climático el caudal se verá incrementado en 5.2 %, para el escenario RCP 2.6, en 2.1 % para el escenario RCP 4.5 y en 6 % para el escenario RCP 8.5. Sin embargo, concluyen que la cuenca del río Balsilla no cubre la necesidad de lo demandado por las comunidades aledañas, presentando un nivel de fragilidad muy alto.

Rivera y América (2018) realizaron la investigación “Aproximación de la oferta hídrica futura de la cuenca del río Chuza bajo escenarios de cambio climático, cuenca estratégica para el sistema de abastecimiento de Bogotá en el PNN Chingaza”, cuyo objetivo fue evaluar los cambios posibles en la oferta hídrica y el régimen hidrológico por medio del modelo lluvia – escorrentía en la cuenca del río Chuza bajo escenarios de cambio climático. Por lo tanto, realizaron al caracterización física (relieve, morfometría, geología, texturas de suelos, uso y coberturas de suelos) y climática de la cuenca (brillo solar, humedad relativa, temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real e índice de aridez); asimismo, para los escenarios climáticos consideraron la variaciones para el escenario 4.5 y escenario por forzamiento radiactivo 6.0, tanto para la temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real e índice de rigidez. Como resultados obtuvieron que, en el escenario RCP 4.5 y RCP 6.0 se da la reducción de la precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial y real. Concluyen así que, el efecto de los escenarios de cambio climático en la cuenca del río Chuza son muy significativos por los cambios de temperatura y precipitación, además del incremento de 3 % a 4 % de la evapotranspiración potencial y real.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Modelo determinístico estocástico Lutz Scholz

Es un modelo hidrológico que combina una estructura determinística para el cálculo de caudales mensuales para el año promedio, y estocástica para la generación de series extendidas de caudal; debido a la ausencia de registro concernientes a caudal, este modelo se desarrolla considerando parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas hidrográficas; dentro de los parámetros más importantes son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento (Mamani, 2015)

2.2.2. Ecuación del balance hídrico

La ecuación se fundamenta en lo siguiente (Mamani, 2015):

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

CM_i : caudal mensual (mm/mes).

P_i : precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes).

D_i : déficit de escurrimiento (mm/mes).

G_i : gasto de la retención de la cuenca (mm/mes).

A_i : abastecimiento de la retención (mm/mes).

Asimismo, de considerarse un año como periodo hidrológico el gasto y abastecimiento de la retención presentarán el mismo valor.

2.2.3. Modelamiento hidrológico

De acuerdo a MINAGRI (2010) se tiene los siguientes:

La precipitación efectiva viene dada por:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

PE : Precipitación efectiva mensual (mm/mes).

P : Precipitación total mensual (mm/mes).

a_i : Coeficiente del polinomio.

a_0 : 0

Tabla 1 Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.

a_i	Curva I	Curva II	Curva III
a_0	- 0.018	- 0.021	- 0.028
a_1	-0.0185	0.1358	0.2756
a_2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a_3	-1204 E-8	4349 E-8	5534 E-8
a_4	144 E-9	-89.0 E-9	124 E-9
a_5	-285 E-12	-879 E-13	-142 E-11

Fuente: MINAGRI (2010).

De acuerdo a ello se tiene:

$$PE = C_1PEI + C_2PEII \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

PE : precipitación efectiva mensual.

PEI : precipitación efectiva mensual de la curva I.

PEII : precipitación efectiva mensual de la curva II.

C_1 y C_2 : coeficientes ($C_1 + C_2 = 1$)

Luego se determina, los coeficientes C_1 y C_2 de manera que la suma de ambas precipitaciones anuales multiplicados por sus coeficientes respectivos sea igual al producto del coeficiente de escurrimiento C y de la precipitación total anual P.

$$PE = C.P \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

C : coeficiente de escurrimiento.

P : precipitación total anual.

Al igualar las ecuaciones se tiene:

$$C_1 = \frac{C \sum P - \sum PEI}{\sum PEI - \sum PEII} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$C_2 = \frac{C \sum P - \sum PEI}{\sum PEII - \sum PEI} \quad (\text{Ec. 6})$$

La retención en la cuenca se fundamenta en las siguientes:

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (\text{Ec. 7})$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

R_i : retención de la cuenca (mm/mes).

CM_i : caudal mensual (mm/mes).

PE_i : precipitación efectiva mensual (mm/mes).

G_i : gasto de la retención de la cuenca (mm/mes).

A_i : abastecimiento de la retención de la cuenca (mm/mes).

R_i : G_i para valores mayores de cero (mm/mes).

R_i : A_i para valores menores de cero (mm/mes).

El coeficiente de agotamiento (a) se basa en cuatro ecuaciones para cuatro clases de cuencas hidrográficas, esto según las características de las mismas:

Tabla 2 Coeficiente de agotamiento según características de la cuenca hidrográfica.

Ecuación	Características
$a = -0.00252 \ln(AR) + 0.034$	Agotamiento muy rápido, cuencas con temperaturas elevadas mayores a 10 °C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año).
$a = -0.00252 \ln(AR) + 0.030$	Agotamiento rápido, por la retención en 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna).
$a = -0.00252 \ln(AR) + 0.026$	Agotamiento mediano, por retención mediana (alrededor de 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

$a = -0.00252 \ln(AR) + 0.023$	Agotamiento reducido, por alta retención (más de 100 mm/año) y vegetación mezclada.
--------------------------------	---

Fuente: MINAGRI (2010).

Donde:

a : coeficiente de agotamiento por día.

AR : área de la cuenca (km^2).

\ln : logaritmo natural o neperiano.

El coeficiente de gasto de la retención, se fundamenta en lo siguiente;

$$b_0 = \frac{Q_t}{Q_0} = e^{-a.t} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

Q_t : descarga en el tiempo t .

Q_0 : descarga inicial.

a : coeficiente de agotamiento.

t : tiempo (número de días del mes).

Siendo así que, el coeficiente de gasto de la retención de la cuenca b_i , es:

$$b_i = b_0 \quad (\text{Ec. 10})$$

$$b_i = e^{-a.t} \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

t : tiempo (número de días del mes, es acumulativo para los meses siguientes.

e : base del logaritmo neperiano.

El gasto de la retención (G), se calcula según lo siguiente:

$$G_i = \left(\frac{b_i}{\sum_{i=1}^m b_i} \right) xR \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

G_i : gasto de la retención para el mes i (mm/mes).

R : retención de la cuenca (mm/año).

m : número de meses de estiaje.

b_i : coeficiente de gasto de la retención.

El abastecimiento de la retención de la cuenca (A), se fundamenta según:

$$A_i = a_i R \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

A_i : abastecimiento de la retención en el mes i (mm/mes).

a_i : coeficiente de abastecimiento.

R : retención de la cuenca (mm/año).

i : mes del año, de 1 a 12.

El coeficiente de abastecimiento de la retención:

$$a_i = \frac{PE_i}{PE_T} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

a_i : coeficiente de abastecimiento.

PE_i : precipitación efectiva en el mes i (mm/mes).

PE_T : precipitación efectiva total de la cuenca (mm/mes).

De no existir datos de aforo, se puede utilizar la siguiente tabla:

Tabla 3. Coeficientes de almacenamiento hídrico (valores de a_i en %).

Región	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	S
Cuzco	40	20	0	0	5	35	100
Huancavelica	30	20	5	10	0	35	100
Junín	30	30	5	10	0	25	100
Cajamarca	20	25	35	25	-5	0	100

Fuente: MINAGRI (2010).

Por lo tanto, el caudal mensual para el año promedio es:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

CM_i : caudal del mes i (mm/mes).

PE_i : precipitación efectiva del mes i (mm/mes).

G_i : gasto de la retención en el mes i (mm/mes).

A_i : abastecimiento de la retención en el mes i (mm/mes).

De ser el caso, que se requiera la generación de caudales en un periodo extendido, se tiene el proceso Markoviano de primer orden:

$$Q_t = b_1 + b_2 Q_{t-1} + b_3 PE_t + SZ_t \sqrt{1 - R^2} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

Q_t : caudal del mes t.

Q_{t-1} : caudal del mes anterior (t-1).

PE_t : precipitación efectiva del mes t.

S : error estándar del estimado.

Z_t : variable aleatoria normal independiente (0,1) del mes t.

R² : coeficiente de determinación múltiple.

b₁, b₂, b₃ : coeficiente de regresión lineal múltiple.

b₁ : factor constante (caudal básico).

2.2.4. Escenario de cambio climático

Para esta investigación, se basó en escenarios de precipitación y temperatura, fundamentados en el modelo japonés de alta resolución denominado escenario A1B del El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), tal como se detalla en las siguientes tablas:

La Tabla 4 consigna las variaciones de la temperatura media de considerarse un escenario de cambio climático al año 2100, donde DEF representa a los meses de diciembre, enero y febrero, MAM representa a los meses de marzo, abril y mayo, JJA se refiere a los meses de junio, julio y agosto, consecuentemente SON muestra a los meses de setiembre, octubre y noviembre.

Tabla 4. Escenario de cambio climático al 2100 para la temperatura media.

Sector	Estación	Provincia	DEF (°C)	+/- (°C)	MAM (°C)	+/- (°C)	JJA (°C)	+/- (°C)	SON (°C)	+/- (°C)
SNCM	Cerro de Pasco	Pasco	3.00	1.40	3.40	1.30	3.30	0.80	2.90	0.90
	Marcapomacocha	Yauli	3.00	0.80	3.20	0.90	3.30	0.70	3.30	1.20
SCCM	Huayao	Huancayo	3.00	0.80	2.90	0.90	3.30	0.90	3.20	0.90
	Jauja	Jauja	3.10	1.20	3.30	0.90	3.30	0.90	3.00	1.20
	Laive	Huancayo	2.50	0.90	2.60	0.70	3.40	0.90	3.40	1.50
	Pilchaca	Huancavelica	2.30	1.00	2.00	0.90	2.60	0.90	2.70	1.10
SSCM	La Quinoa	Huamanga	2.90	1.20	2.90	0.90	3.40	0.90	3.20	1.20
	Lircay	Angaraes	2.60	1.10	2.50	0.70	2.50	1.00	2.80	1.10
	Huancavelica	Huancavelica	2.40	1.10	2.60	0.80	3.00	0.60	2.80	1.00
	Acobamba	Acobamba	2.30	1.40	2.50	1.10	3.30	0.80	3.00	1.10

Fuente: Escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro para el año 2100 (SENAMHI, 2007).

Del mismo modo, en la Tabla 4 se consigna las variaciones de la precipitación media de considerarse un escenario de cambio climático al año 2100, donde DEF representa a los meses de diciembre, enero y febrero, MAM representa a los meses de marzo, abril y mayo, JJA se refiere a los meses de junio, julio y agosto, consecuentemente SON muestra a los meses de setiembre, octubre y noviembre.

Tabla 5. Escenario de cambio climático al 2100 para la precipitación media.

Sector	Estación	Provincia	DEF (%)	mm	MAM (%)	mm	JJA (%)	mm	SON (%)	mm
SNCM	Cerro de Pasco	Pasco	-5.00	-27.00	-3.00	-9.00	1.00	2.00	4.00	15.00
	Marcapomacocha	Yauli	-7.00	-38.00	-6.00	-20.00	-35.00	-20.00	11.00	29.00
SCCM	Huayao	Huancayo	-4.00	-13.00	-4.00	-7.00	-1.00	-0.50	11.00	19.00
	Jauja	Jauja	-16.00	-56.00	-5.00	-8.00	-3.00	-0.50	14.00	24.00
	Laive	Huancayo	-6.00	-21.00	2.00	4.00	-7.00	-2.00	3.00	5.00
	Pilchaca	Huancavelica	4.00	14.00	9.00	15.00	-14.00	-6.00	5.00	8.00
SSCM	La Quinoa	Huamanga	5.00	20.00	8.00	14.00	-3.00	-1.00	14.00	19.00
	Lircay	Angaraes	5.00	18.00	7.00	14.00	-2.00	-1.00	6.00	9.00
	Hcva.	Hcva.	6.00	23.00	5.00	10.00	2.00	1.00	12.00	23.00
	Acobamba	Acobamba	10.00	23.00	2.00	3.00	-13.00	-5.00	-1.00	-2.00

Fuente: Escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro para el año 2100 (SENAMHI, 2007).

2.3. Definición de términos

- a) **Caudal.** – Es el flujo volumétrico que circula en determinada área en un tiempo establecido (Coaquira, 2015).
- b) **Unidad hidrográfica.** - Es el área tributaria hasta un punto determinado sobre una corriente, y está separada de las cuencas adyacentes por una divisoria o parte aguas que pueda trazarse sobre mapas o planos topográficos (Coaquira, 2015).
- c) **Curva hipsométrica.** – Viene a ser la representación gráfica del relieve de una cuenca; es decir la curva hipsométrica indica el porcentaje de área de la cuenca o superficie de la cuenca en Km² que existe por encima de una cota determinada, representado en coordenadas rectangulares (Terán, 2014).
- d) **Precipitación.** - La precipitación está constituida por toda el agua que, de una u otra forma, es depositada en la superficie terrestre, por la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. La precipitación puede ser en forma líquida (lluvia, rocío), o en forma sólida (nieve, granizo). La forma más común, y la que mayor interés tiene en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos y su cuantificación correcta es uno de los desafíos que el hidrólogo o el ingeniero enfrentan (Mamani, 2015).
- e) **Ciclo hidrológico.** - El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación (Najarro, 2015).
- f) **Escorrentía.** - Corresponde al agua proveniente de la precipitación que excede a la capacidad de retención superficial, fluye por diversos caminos hacia la red de drenaje, que es medida y evaluada en algún sitio de interés del cauce como escorrentía o escurrimiento (Mamani, 2015).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático varían de acuerdo al escenario actual.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía respecto al escenario actual.
- b) El caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía respecto al escenario actual.
- c) El caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía respecto al escenario actual.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X): Escenarios de cambios climático.

– Corresponde a una representación del clima que se puede observar bajo concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en diferentes épocas futuras.

Variable dependiente (Y): Caudal medio mensual. - Es el volumen de agua que transcurre en un determinado tiempo en este caso de forma mensual; puede cuantificarse de la escorrentía superficial (Díaz, 2017).

2.5.2. Definición operacional de las variables

Variable independiente (X): Escenarios de cambios climático.

– Se utilizó los escenarios establecidos por el IPCC.

Variable dependiente (Y): Caudal medio mensual. - Se calculó con el empleo del modelo determinístico estocástico Lutz Scholz, considerando el déficit de escurrimiento, el gasto de la retención y el abastecimiento de la retención de la unidad hidrográfica del río Chilca.

2.5.3. Operacionalización de las variables

En la Tabla 6 se especifica la operacionalización de las variables, en base a sus dimensiones e indicadores.

Tabla 6. Operacionalización de las variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente (X): Escenario de cambio climático	Variación de la temperatura promedio	Temperatura
	Variación de la precipitación media	Precipitación
Variable dependiente (Y): Caudal medio mensual	Caudal en la microcuenca I	Déficit de escurrimiento Gasto de la retención Abastecimiento de la retención
	Caudal en la microcuenca II	Déficit de escurrimiento Gasto de la retención Abastecimiento de la retención
	Caudal en la microcuenca III	Déficit de escurrimiento Gasto de la retención Abastecimiento de la retención

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Se utilizó el método científico puesto que, los resultados obtenidos de la investigación presentarán valor científico, el mismo que podrá ser utilizado como base para futuras investigaciones.

3.2. Tipo de investigación

Fue del tipo aplicada, puesto que se utilizó los conocimientos de la investigación pura, de manera que sea posible la resolución de problemas prácticos como es el desconocimiento del caudal promedio mensual del río Chilca sin y con escenario de cambio climático al año 2100.

3.3. Nivel de investigación

Fue de nivel explicativo, pues se dio un sentido de entendimiento a las causas (escenario de cambio climático) y los efectos (variación del caudal promedio mensual).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue experimental, por consiguiente, se contó con una variable independiente representada por el escenario de cambio

climático al año 2100, la cual fue simulada para obtener cada uno de los caudales del río Chilca, que viene a ser la variable dependiente.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población correspondió del río Chilca, que se ubica entre los distritos de Huancayo y Chilca, en la provincia de Huancayo del departamento de Junín.

3.5.2. Muestra

La muestra de acuerdo al método intencional o dirigido fue la totalidad del río Chilca que se ubica entre los distritos de Huancayo y Chilca, en la provincia de Huancayo del departamento de Junín; asimismo, es dable mencionar que, esta unidad hidrográfica está conformada por tres microcuencas tal como se muestra en la siguiente figura:

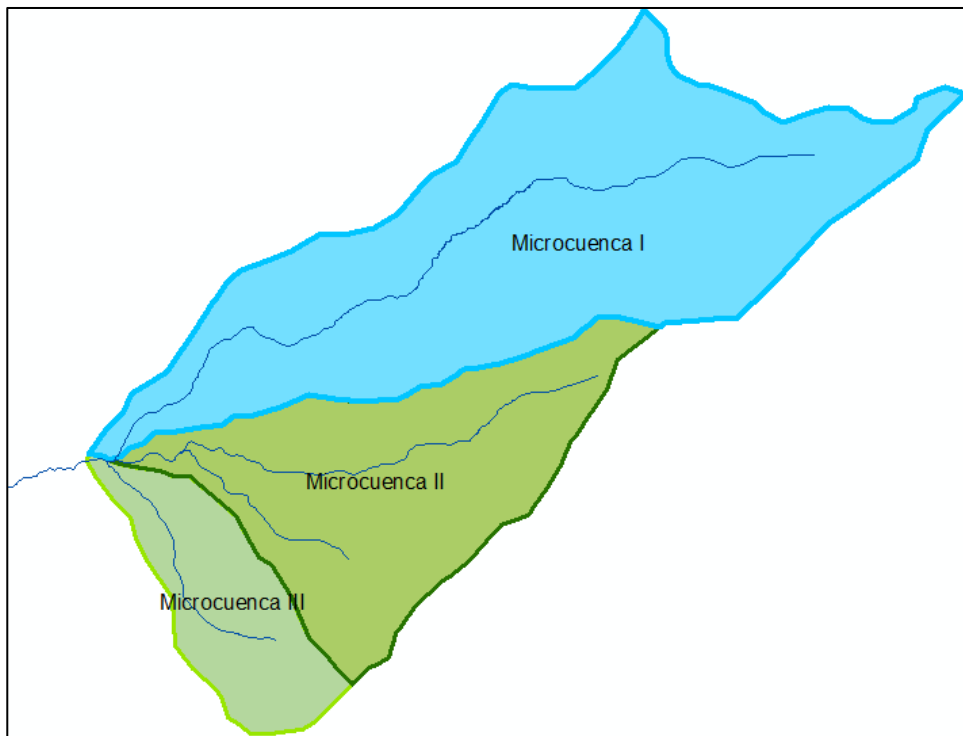


Figura 3. Vista de las microcuencas que conforman la unidad hidrográfica del río Chilca.

Fuete: Propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó como técnicas de recolección de datos al análisis documental, para determinar el procedimiento del cálculo del caudal según el método Lutz Scholz, además del escenario de cambio climático al año 2100; asimismo, fue necesario el análisis documental para la delimitación de las microcuencas con el programa ArcGis con información base de la Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Junín (ZEE, 2015).

3.7. Procedimiento de recolección de datos

3.7.1. Datos meteorológicos

4. La precipitación media se muestra en la
- 5.
- 6.

Tabla 7 según la estación meteorológica de la estación Viques, asimismo se considera el promedio con escenario climático al año 2100, que se procesó con lo especificado en la Tabla 5.

Tabla 7. Precipitación media.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2001	163.7	103.8	143.1	29.3	23.0	0.0	23.6	8.8	53.5	116.9	47.0	104.6
2002	121.4	127.9	81.3	19.6	0.0	1.1	20.8	0.0	41.6	72.4	98.2	51.2
2003	75.4	166.3	129.3	43.0	14.2	0.0	0.0	7.4	30.4	26.0	79.9	90.8
2004	22.0	135.3	67.1	40.5	25.8	23.5	11.1	14.2	29.6	33.0	52.3	89.7
2005	54.1	74.2	61.8	21.2	11.9	0.0	0.0	17.5	32.4	108.0	51.1	80.6
2006	131.7	81.0	87.8	34.8	0.0	4.4	0.0	27.7	21.6	51.8	39.9	110.3
2007	84.1	42.1	108.1	25.1	0.0	0.0	9.2	0.0	23.4	31.2	37.2	35.0
2008	123.8	109.2	69.1	0.0	2.1	9.6	0.0	0.0	38.0	78.4	52.8	104.8
2009	87.8	57.5	114.7	39.9	22.1	0.0	5.8	21.4	9.9	59.0	83.1	171.8
2010	149.0	89.5	103.5	38.0	0.0	22.1	0.0	6.8	15.4	28.8	59.2	188.6
2011	202.6	298.8	180.7	96.7	17.3	0.0	8.4	11.0	69.4	53.4	56.0	128.6
2012	115.5	153.4	92.1	122.1	20.2	19.7	5.6	6.2	55.7	42.9	42.2	144.3
2013	110.4	152.4	77.8	9.0	18.3	15.2	5.8	23.5	40.2	50.5	22.4	143.1
2014	173.4	134.5	160.8	55.6	31.3	16.3	2.0	3.1	63.3	74.6	73.1	116.5
2015	105.4	116.7	75.1	30.9	16.3	26.1	7.2	13.5	46.1	56.7	60.4	92.2
2016	114.7	150.3	25.7	35.8	22.8	0.0	0.0	0.0	26.9	59.3	50.1	74.2
2017	183.0	137.6	82.9	43.5	9.6	0.0	0.0	3.0	52.5	37.6	41.7	65.4
2018	157.6	86.0	179.0	30.6	9.5	3.6	4.1	13.1	18.0	96.0	47.2	67.8
2019	143.0	91.7	72.2	21.9	27.2	0.1	0.0	0.0	4.9	31.3	62.2	141.9
2020	68.0	94.5	86.3	5.9	31.0	3.1	0.3	0.0	36.6	20.7	12.8	77.4
Promedio	119.33	120.14	99.92	37.17	15.13	7.24	5.20	8.86	35.47	56.43	53.44	103.94
Promedio con escenario de cambio climático	114.56	115.33	95.92	35.68	14.52	7.17	5.14	8.77	39.37	62.63	59.32	99.78

Fuente: SENAMHI (2020).

En la Figura se representa la precipitación media mensual en la zona de estudio acorde a los datos de la estación meteorológica Viques.

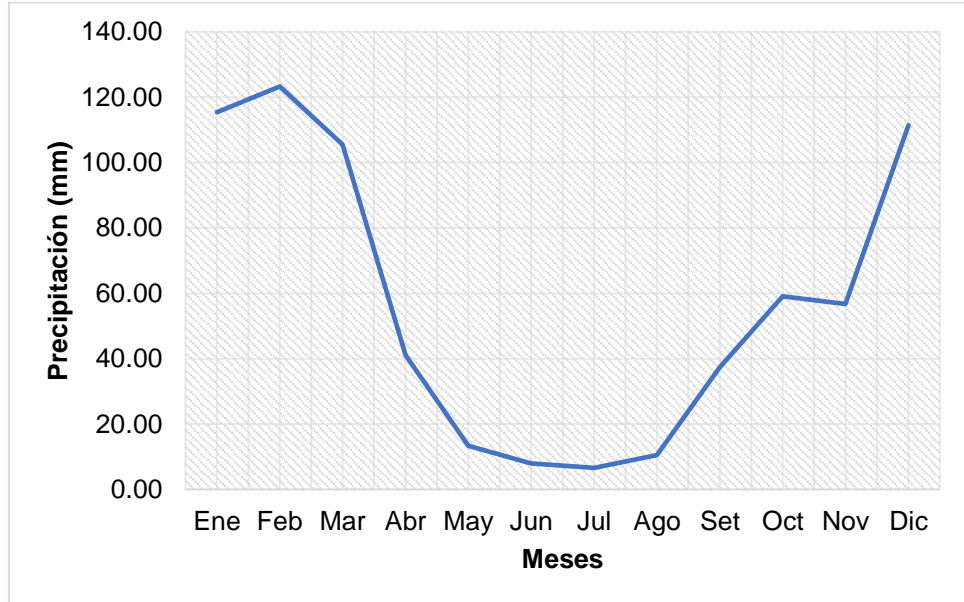


Figura 4. Precipitación media sin escenario de cambio climático.

Fuente: Propia

En la Figura se representa la precipitación media mensual en la zona de estudio acorde a los datos de la estación meteorológica Viques, considerando el escenario de cambio climático al año 2100.

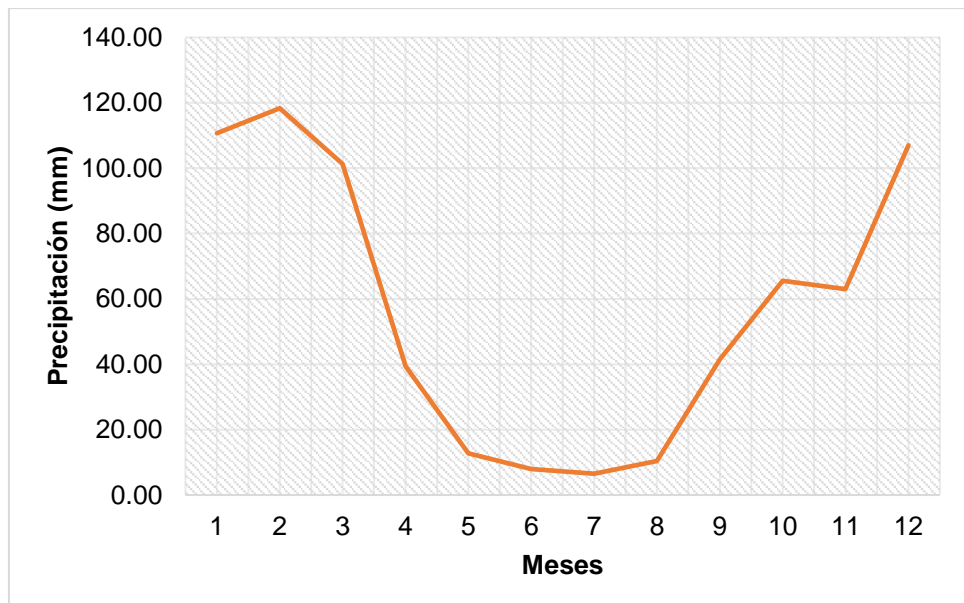


Figura 5. Precipitación media con escenario de cambio climático.

Fuente: Propia

Del mismo modo, en la Tabla 8 se muestra los datos de temperatura promedio en la zona de estudio según la estación meteorológica de la estación Viques, asimismo en esta tabla se considera el promedio con escenario climático al año 2100, cuya variación se procesó con lo especificado en la Tabla 4.

Tabla 8. Temperatura promedio.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2001	12.7	13.0	13.0	12.2	12.4	11.7	11.8	10.8	12.9	14.3	14.7	13.6
2002	13.8	11.8	12.8	12.9	12.5	11.9	12.3	12.5	12.1	13.3	12.9	13.0
2003	13.0	12.5	12.5	12.2	12.5	12.4	12.2	13.3	12.6	12.0	12.4	13.0
2004	14.9	13.7	13.5	13.4	12.8	11.8	12.2	12.1	13.3	14.1	14.8	14.1
2005	14.3	14.1	14.2	14.3	13.5	11.6	12.9	12.6	14.3	14.3	15.6	14.0
2006	13.3	12.7	13.0	13.6	12.0	12.3	10.8	12.6	13.8	14.4	14.2	14.9
2007	14.9	13.9	13.4	13.2	12.9	12.2	12.4	13.1	13.0	13.2	13.7	14.2
2008	13.3	12.6	12.7	13.6	12.7	12.2	12.7	13.0	13.3	13.9	15.3	14.7
2009	13.5	12.7	13.0	13.4	13.1	12.5	12.0	13.2	14.7	14.6	15.0	13.8
2010	13.8	13.8	14.2	14.1	13.9	12.5	12.7	13.1	14.4	14.8	14.8	13.9
2011	13.0	12.3	13.2	13.0	12.6	12.5	11.7	12.9	14.3	14.7	15.9	13.6
2012	13.7	13.0	13.0	12.8	12.6	11.7	11.2	12.5	13.5	14.6	15.1	14.0
2013	14.0	13.2	14.1	14.1	13.1	12.3	11.4	12.5	13.7	14.5	15.3	13.8
2014	13.9	13.2	13.4	13.5	13.2	12.4	12.2	12.2	13.9	14.2	15.3	14.5
2015	13.9	13.4	13.7	13.4	13.4	12.2	11.9	13.0	14.6	15.1	15.0	14.7
2016	15.2	14.7	14.9	14.8	13.8	12.5	12.2	13.7	14.1	14.8	14.4	14.2
2017	13.6	13.0	13.9	14.2	14.1	13.2	12.6	12.9	14.1	14.3	14.3	14.2
2018	13.4	13.9	14.1	13.5	12.9	12.3	12.0	13.1	13.3	14.1	14.8	14.3
2019	14.3	13.4	14.2	14.1	13.0	11.7	11.7	12.2	14.3	15.0	15.2	14.4
Promedio	13.82	13.22	13.52	13.48	13.00	12.19	12.05	12.70	13.70	14.21	14.68	14.06
Promedio con escenario	14.62	14.12	14.42	14.38	13.90	13.09	12.95	13.60	14.60	15.11	15.58	14.86

Fuente: SENAMHI (2020).

En la Figura se representa la temperatura media mensual en la zona de estudio acorde a los datos de la estación meteorológica Viques.

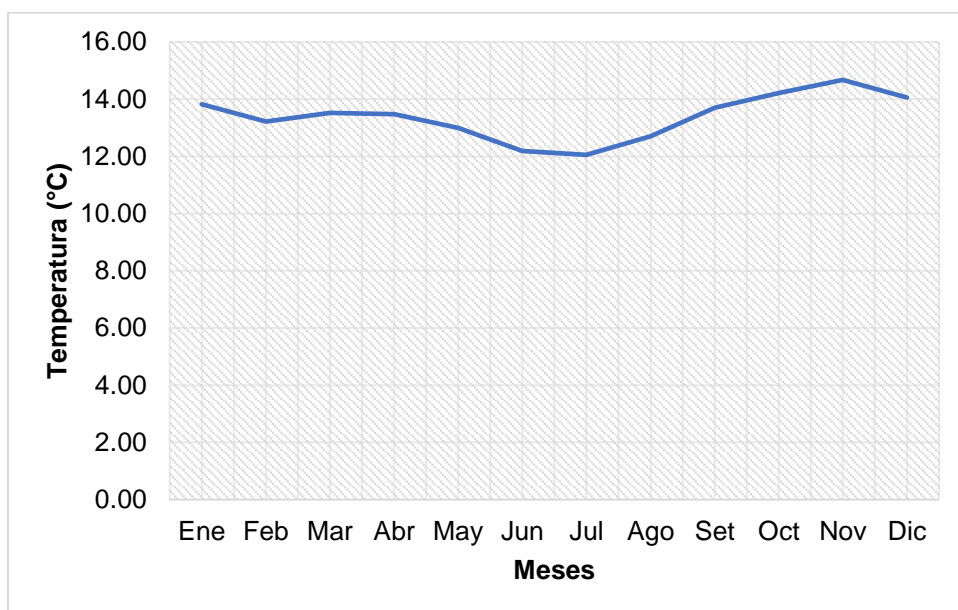


Figura 6. Temperatura promedio sin escenario de cambio climático.

Fuente: Propia

Finalmente, en la Figura se representa la temperatura media mensual en la zona de estudio acorde a los datos de la estación meteorológica Viques considerando el escenario de cambio climático al año 2100.

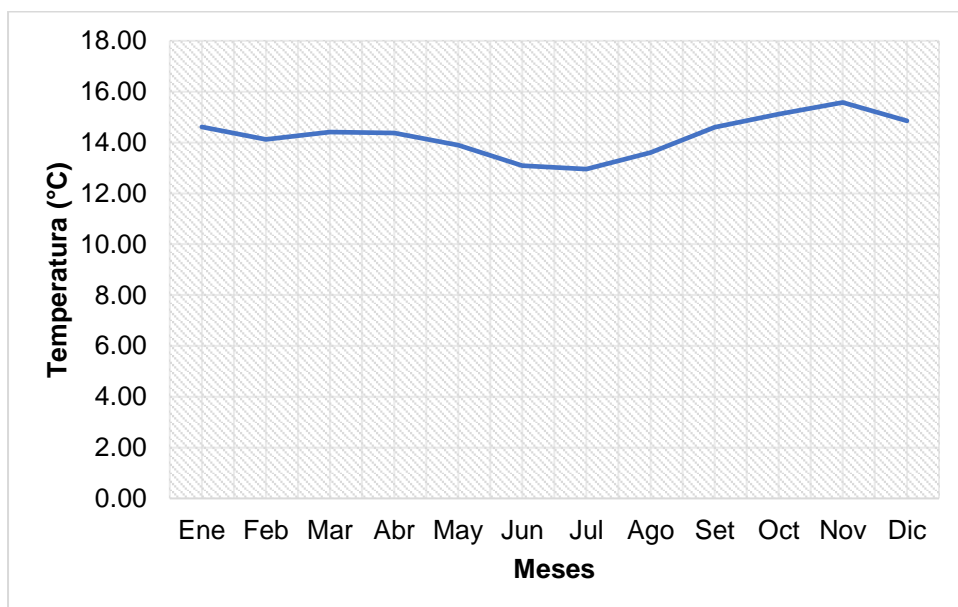


Figura 7. Temperatura promedio con escenario de cambio climático.

Fuente: Propia

6.1.1. Caracterización de las microcuencas

Se caracterizó cada una de las microcuencas que se albergan en el río Chilca, es así que, en la Tabla 9 se muestra tales características como, los parámetros de forma, parámetros del perfil y los parámetros asociados al drenaje de la microcuenca I.

Tabla 9. Caracterización de la microcuenca I.

Parámetros	Descripción	
Parámetros asociados a la forma		
Área (A)	8.77	km ²
Perímetro (P)	16.93	km
Longitud de la microcuenca (L)	7.40	km
Ancho de la microcuenca (B)	1.85	km
Orientación	Sureste	
Factor de forma de Horton (Kf)	0.16	
Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (kc)	1.61	
Relación de elongación (Re)	0.45	
Parámetros asociados al perfil		
Cota mayor del cauce (CMc)	4401	msnm
Cota menor del cauce (Cmc)	3334	msnm
Pendiente promedio del cauce (S ₀)	0.16	m/m
Longitud de cauce principal (Lc)	6.86	km
Parámetros asociados al relieve		
Altura y elevación		
Cota mayor de la microcuenca (CM)	4566	msnm
Cota menor de la microcuenca (Cm)	3334	msnm
Elevación promedio del relieve	3950	msnm
Pendiente (S)	0.17	m/m
Parámetros asociados al drenaje		
Orden de los cauces	1.00	
Longitud del cauce de orden uno (L ₁)	6.86	km
Densidad de drenaje (Dd)	0.78	
Coefficiente de torrencialidad (Ct)	0.11	
Tiempo de concentración (Tc)	36.82	min

De la misma manera, en la Tabla 10 se muestra las características de la microcuenca II dentro del río Chilca.

Tabla 10. Caracterización de la microcuenca II.

Parámetros	Descripción	
Parámetros asociados a la forma		
Área (A)	4.66	km ²
Perímetro (P)	11.14	km
Longitud de la microcuenca (L)	3.54	km
Ancho de la microcuenca (B)	2.01	km
Orientación	Sureste	
Factor de forma de Horton (Kf)	0.37	
Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius (kc)	1.46	
Relación de elongación (Re)	0.69	
Parámetros asociados al perfil		
Cota mayor del cauce (CMc)	4301	msnm
Cota menor del cauce (Cmc)	3335	msnm
Pendiente promedio del cauce (S ₀)	0.23	m/m
Longitud de cauce principal (Lc)	4.28	km
Parámetros asociados al relieve		
Altura y elevación		
Cota mayor de la microcuenca (CM)	4419	msnm
Cota menor de la microcuenca (Cm)	3335	msnm
Elevación promedio del relieve	3877	msnm
Pendiente (S)	0.31	m/m
Parámetros asociados al drenaje		
Orden de los cauces	2.00	
Longitud de los cauces de orden uno (L ₁)	5.99	km
Densidad de drenaje (Dd)	1.29	
Coeficiente de torrencialidad (Ct)	0.21	
Tiempo de concentración (Tc)	22.19	min

Por último, lo referente a la microcuenca III en cuanto a los parámetros asociados a la forma, al perfil y al drenaje, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 11. Caracterización de la microcuenca III.

Parámetros	Descripción	
Parámetros asociados a la forma		
Área (A)	1.89	km ²
Perímetro (P)	6.48	km
Longitud de la microcuenca (L)	2.70	km
Ancho de la microcuenca (B)	0.96	km

Orientación	Noreste	
Factor de forma de Horton (Kf)	0.26	
Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius (kc)	1.33	
Relación de elongación (Re)	0.57	
Parámetros asociados al perfil		
Cota mayor del cauce (CMc)	3695	msnm
Cota menor del cauce (Cmc)	3334	msnm
Pendiente promedio del cauce (S ₀)	0.17	m/m
Longitud de cauce principal (Lc)	2.12	km
Parámetros asociados al relieve		
Altura y elevación		
Cota mayor de la microcuenca (CM)	3826	msnm
Cota menor de la microcuenca (Cm)	3334	msnm
Elevación promedio del relieve	3580	msnm
Pendiente (S)	0.18	m/m
Parámetros asociados al drenaje		
Orden de los cauces	1.00	
Longitud del cauce de orden uno (L ₁)	2.12	km
Densidad de drenaje (Dd)	1.12	
Coeficiente de torrencialidad (Ct)	0.53	
Tiempo de concentración (Tc)	14.40	min

6.1.2. Datos de las microcuencas para el cálculo del caudal

En la siguiente tabla se muestra las características de la microcuenca I consideradas para el cálculo de la oferta hídrica, destacándose que comprende un área de 8.77 km², un déficit de escurrimiento de 512.41 mm /año, un coeficiente de escurrimiento de 0.23 y coeficiente de agotamiento de 0.02.

Tabla 12. Características de la microcuenca I para la simulación del caudal.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	8.77	km ²
Altitud media de la cuenca	3950.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.17	m/m
Precipitación total anual promedio (P) (mm/año)	688.31	mm
Temperatura media anual (T) (°C)	13.39	°C
Coeficiente de temperatura (L)	754.54	
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	512.41	mm/año
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.23	

Coeficiente de agotamiento (a)	0.02	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.48	
Área de lagunas y acuíferos	0.00	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.00	mm/año

Del mismo modo, en la Tabla 13 se menciona tales características para la microcuenca II, destacándose que comprende un área de 4.66 km², un déficit de escurrimiento de 512.41 mm /año, un coeficiente de escurrimiento de 0.23 y coeficiente de agotamiento de 0.03.

Tabla 13. Características de la microcuenca II para la simulación del caudal.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	4.66	km ²
Altitud media de la cuenca	3877.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.31	m/m
Precipitación total anual promedio (P) (mm/año)	662.26	mm
Temperatura media anual (T) (°C)	13.39	°C
Coeficiente de temperatura (L)	754.54	
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	512.41	mm/año
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.23	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.03	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.46	
Área de lagunas y acuíferos	0.00	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.00	mm/año

Finalmente, en la Tabla 14 se menciona las características de la microcuenca III, destacándose que comprende un área de 1.89 km², un déficit de escurrimiento de 512.41 mm /año, un coeficiente de escurrimiento de 0.23 y coeficiente de agotamiento de 0.03.

Tabla 14. Características de la microcuenca III para la simulación del caudal.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	1.89	km ²
Altitud media de la cuenca	3580.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.18	m/m
Precipitación total anual promedio (P) (mm/año)	662.26	mm
Temperatura media anual (T) (°C)	13.39	°C
Coeficiente de temperatura (L)	754.54	
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	512.41	mm/año

Coeficiente de escurrimiento (C)	0.23	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.03	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.43	
Área de lagunas y acuíferos	0.00	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.00	mm/año

6.1.3. Datos de las microcuencas para el cálculo del caudal con escenario de cambio climático

Al igual que el numeral anterior, para el cálculo de los caudales en cada una de las microcuencas considerando el escenario de cambio climático al 2100, se procedió a determinar sus características tal como se puede observar la Tabla 15 para la microcuenca I, donde el área se mantiene en 8.77 km², más el déficit de escurrimiento pasó a 524.70 mm /año, al igual que el coeficiente de escurrimiento a 0.20 y el coeficiente de agotamiento de 0.02.

Tabla 15. Características de la microcuenca I para la simulación del caudal con escenario de cambio climático.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	8.77	km ²
Altitud media de la cuenca	3950.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.17	m/m
Precipitación total anual promedio (P) (mm/año)	658.20	mm
Temperatura media anual (T) (°C)	14.27	°C
Coeficiente de temperatura (L)	801.96	
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	524.70	mm/año
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.20	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.02	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.48	
Área de lagunas y acuíferos	0.00	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.00	mm/año

Por consiguiente, en la Tabla 16 se menciona las características para la microcuenca II necesarias para el cálculo del caudal promedio mensual, destacándose que el área se mantiene a 4.66 km², el déficit de escurrimiento varía a 524.70 mm /año, el coeficiente de escurrimiento se mantiene en 0.20, al igual que el coeficiente de agotamiento en 0.03.

Tabla 16. Características de la microcuenca II para la simulación del caudal con escenario de cambio climático.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	4.66	km ²
Altitud media de la cuenca	3877.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.31	m/m
Precipitación total anual promedio (P) (mm/año)	658.20	mm
Temperatura media anual (T) (°C)	14.27	°C
Coeficiente de temperatura (L)	801.96	
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	524.70	mm/año
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.20	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.03	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.46	
Área de lagunas y acuíferos	0.00	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.00	mm/año

Finalmente, en la Tabla 14 se detallan las características de la microcuenca III para la obtención del caudal promedio mensual, destacándose que el área se mantiene en 1.89 km², el déficit de escurrimiento pasa a 524.70 mm /año, el coeficiente de escurrimiento a 0.20 y coeficiente de agotamiento a 0.03.

Tabla 17. Características de la microcuenca III para la simulación del caudal con escenario de cambio climático.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	1.89	km ²
Altitud media de la cuenca	3580.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.18	m/m
Precipitación total anual promedio (P) (mm/año)	658.20	mm
Temperatura media anual (T) (°C)	14.27	°C
Coeficiente de temperatura (L)	801.96	
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	524.70	mm/año
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.20	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.03	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.43	
Área de lagunas y acuíferos	0.00	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.00	mm/año

6.1.4. Cálculo del caudal

De acuerdo a lo mencionado en la Tabla 12 se procedió al cálculo del caudal promedio mensual para la microcuenca I, tal como se detalla en la

Tabla 18, resaltando que el caudal anual es de $0.838 \text{ m}^3/\text{s}$, el promedio mensual es de $0.070 \text{ m}^3/\text{s}$, el máximo de $0.210 \text{ m}^3/\text{s}$ (febrero) y el mínimo de $0.004 \text{ m}^3/\text{s}$ (julio).

Tabla 18. Cálculo del caudal en la microcuenca I sin escenario de cambio climático.

Mes	Precipitación			Contribución de la retención				Mes	Caudales generados		
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto b_i	Abastecimiento				mm/mes	L/s	m^3/s
		PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)		G_i (mm/mes)	a_i	A_i (mm/mes)				
Ene	119.33	59.25	59.25	0.22	0.0	0.24	0.0	Ene	59.3	194.02	0.194
Feb	120.14	60.11	60.11	0.24	0.0	0.24	0.0	Feb	60.1	210.40	0.210
Mar	99.92	39.97	39.97	0.22	0.0	0.16	0.0	Mar	40.0	130.88	0.131
Abr	37.17	7.53	7.53	0.23	0.0	0.03	0.0	Abr	7.5	25.46	0.025
May	15.13	3.40	3.40	0.22	0.0	0.01	0.0	May	3.4	11.13	0.011
Jun	7.24	1.77	1.77	0.23	0.0	0.01	0.0	Jun	1.8	6.00	0.006
Jul	5.20	1.30	1.30	0.22	0.0	0.01	0.0	Jul	1.3	4.26	0.004
Ago	8.86	2.13	2.13	0.22	0.0	0.01	0.0	Ago	2.1	6.98	0.007
Set	35.47	7.17	7.17	0.23	0.0	0.03	0.0	Set	7.2	24.26	0.024
Oct	56.43	12.85	12.85	0.22	0.0	0.05	0.0	Oct	12.8	42.06	0.042
Nov	53.44	11.82	11.82	0.23	0.0	0.05	0.0	Nov	11.8	40.00	0.040
Dic	103.94	43.68	43.68	0.22	0.0	0.17	0.0	Dic	43.7	143.02	0.143
Anual	662.26		250.98	2.69	0.00	1.00	0.00	Anual	250.98	838.46	0.838
Promedio	55.19		20.92	0.22	0.00	0.08	0.00	Promedio	20.92	69.87	0.070
Máximo	120.14		60.11	0.24	0.00	0.24	0.00	Máximo	60.11	210.40	0.210
Mínimo	5.20		1.30	0.22	0.00	0.01	0.00	Mínimo	1.30	4.26	0.004

Asimismo, según lo establecido en la Tabla 13 se procedió al cálculo del caudal promedio mensual para la microcuenca II, tal como se detalla en la Tabla 19, resaltando que el caudal anual es de 0.446 m³/s, el promedio mensual es de 0.037 m³/s, el máximo de 0.112 m³/s (febrero) y el mínimo de 0.002 m³/s (julio).

Tabla 19. Cálculo del caudal en la microcuenca II sin escenario de cambio climático.

Mes	Precipitación			Contribución de la retención				Mes	Caudales generados		
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto b_i	Abastecimiento				mm/mes	L/s	m ³ /s
		PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)		G_i (mm/mes)	a_i	A_i (mm/mes)				
Ene	119.33	59.25	59.25	0.20	0.0	0.24	0.0	Ene	59.3	103.09	0.103
Feb	120.14	60.11	60.11	0.22	0.0	0.24	0.0	Feb	60.1	111.80	0.112
Mar	99.92	39.97	39.97	0.20	0.0	0.16	0.0	Mar	40.0	69.54	0.070
Abr	37.17	7.53	7.53	0.21	0.0	0.03	0.0	Abr	7.5	13.53	0.014
May	15.13	3.40	3.40	0.20	0.0	0.01	0.0	May	3.4	5.91	0.006
Jun	7.24	1.77	1.77	0.21	0.0	0.01	0.0	Jun	1.8	3.19	0.003
Jul	5.20	1.30	1.30	0.20	0.0	0.01	0.0	Jul	1.3	2.26	0.002
Ago	8.86	2.13	2.13	0.20	0.0	0.01	0.0	Ago	2.1	3.71	0.004
Set	35.47	7.17	7.17	0.21	0.0	0.03	0.0	Set	7.2	12.89	0.013
Oct	56.43	12.85	12.85	0.20	0.0	0.05	0.0	Oct	12.8	22.35	0.022
Nov	53.44	11.82	11.82	0.21	0.0	0.05	0.0	Nov	11.8	21.25	0.021
Dic	103.94	43.68	43.68	0.20	0.0	0.17	0.0	Dic	43.7	76.00	0.076
Anual	662.26		250.98	2.44	0.00	1.00	0.00	Anual	250.98	445.52	0.446
Promedio	55.19		20.92	0.20	0.00	0.08	0.00	Promedio	20.92	37.13	0.037
Máximo	120.14		60.11	0.22	0.00	0.24	0.00	Máximo	60.11	111.80	0.112
Mínimo	5.20		1.30	0.20	0.00	0.01	0.00	Mínimo	1.30	2.26	0.002

Por consiguiente, en base la Tabla 14 se procedió al cálculo del caudal promedio mensual para la microcuenca III, tal como se detalla en la Tabla 20, resaltando que el caudal anual es de 0.181 m³/s, el promedio mensual es de 0.015 m³/s, el máximo de 0.045 m³/s (febrero) y el mínimo de 0.001 m³/s (junio y julio).

Tabla 20. Cálculo del caudal en la microcuenca III sin escenario de cambio climático.

Mes	Precipitación		Contribución de la retención				Mes	Caudales generados			
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto b_i	Abastecimiento			mm/mes	L/s	m ³ /s	
		PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)		G_i (mm/mes)	a_i (mm/mes)					
Ene	119.33	59.25	59.25	0.17	0.0	0.24	0.0	Ene	59.3	41.81	0.042
Feb	120.14	60.11	60.11	0.19	0.0	0.24	0.0	Feb	60.1	45.34	0.045
Mar	99.92	39.97	39.97	0.17	0.0	0.16	0.0	Mar	40.0	28.20	0.028
Abr	37.17	7.53	7.53	0.18	0.0	0.03	0.0	Abr	7.5	5.49	0.005
May	15.13	3.40	3.40	0.17	0.0	0.01	0.0	May	3.4	2.40	0.002
Jun	7.24	1.77	1.77	0.18	0.0	0.01	0.0	Jun	1.8	1.29	0.001
Jul	5.20	1.30	1.30	0.17	0.0	0.01	0.0	Jul	1.3	0.92	0.001
Ago	8.86	2.13	2.13	0.17	0.0	0.01	0.0	Ago	2.1	1.50	0.002
Set	35.47	7.17	7.17	0.18	0.0	0.03	0.0	Set	7.2	5.23	0.005
Oct	56.43	12.85	12.85	0.17	0.0	0.05	0.0	Oct	12.8	9.06	0.009
Nov	53.44	11.82	11.82	0.18	0.0	0.05	0.0	Nov	11.8	8.62	0.009
Dic	103.94	43.68	43.68	0.17	0.0	0.17	0.0	Dic	43.7	30.82	0.031
Anual	662.26		250.98	2.12	0.00	1.00	0.00	Anual	250.98	180.69	0.181
Promedio	55.19		20.92	0.18	0.00	0.08	0.00	Promedio	20.92	15.06	0.015
Máximo	120.14		60.11	0.19	0.00	0.24	0.00	Máximo	60.11	45.34	0.045
Mínimo	5.20		1.30	0.17	0.00	0.01	0.00	Mínimo	1.30	0.92	0.001

6.1.5. Cálculo del caudal con escenario de cambio climático

Con cada una de las características representativas por microcuenca, se procedió al cálculo del caudal promedio mensual con escenario de cambio climático, cuyos resultados para la microcuenca I se detallan en la Tabla 21, destacando que, el caudal promedio anual es 0.797 m³/s, el promedio mensual es 0.066 m³/s, el máximo es 0.193 m³/s (febrero) y el mínimo es 0.004 m³/s (julio).

Tabla 21. Cálculo del caudal en la microcuenca I con escenario de cambio climático.

Mes	Precipitación		Contribución de la retención					Mes	Caudales generados		
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto b_i	Abastecimiento				mm/mes	L/s	m ³ /s
		PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)		G_i (mm/mes)	a_i	A_i (mm/mes)				
Ene	114.56	54.24	54.24	0.22	0.0	0.23	0.0	Ene	54.2	177.58	0.178
Feb	115.33	55.04	55.04	0.24	0.0	0.23	0.0	Feb	55.0	192.64	0.193
Mar	95.92	36.47	36.47	0.22	0.0	0.15	0.0	Mar	36.5	119.40	0.119
Abr	35.68	7.22	7.22	0.23	0.0	0.03	0.0	Abr	7.2	24.41	0.024
May	14.52	3.28	3.28	0.22	0.0	0.01	0.0	May	3.3	10.75	0.011
Jun	7.17	1.76	1.76	0.23	0.0	0.01	0.0	Jun	1.8	5.95	0.006
Jul	5.14	1.29	1.29	0.22	0.0	0.01	0.0	Jul	1.3	4.22	0.004
Ago	8.77	2.11	2.11	0.22	0.0	0.01	0.0	Ago	2.1	6.91	0.007
Set	39.37	8.00	8.00	0.23	0.0	0.03	0.0	Set	8.0	27.08	0.027
Oct	62.63	15.27	15.27	0.22	0.0	0.06	0.0	Oct	15.3	50.01	0.050
Nov	59.32	13.93	13.93	0.23	0.0	0.06	0.0	Nov	13.9	47.12	0.047
Dic	99.78	39.85	39.85	0.22	0.0	0.17	0.0	Dic	39.8	130.47	0.130
Anual	658.20		238.45	2.69	0.00	1.00	0.00	Anual	238.45	796.56	0.797
Promedio	54.85		19.87	0.22	0.00	0.08	0.00	Promedio	19.87	66.38	0.066
Máximo	115.33		55.04	0.24	0.00	0.23	0.00	Máximo	55.04	192.64	0.193
Mínimo	5.14		1.29	0.22	0.00	0.01	0.00	Mínimo	1.29	4.22	0.004

Al igual, en la Tabla 22 se detalla para la microcuenca II donde, el caudal promedio anual con escenario de cambio climático al 2100 es 0.423 m³/s, el promedio mensual es 0.035 m³/s, el máximo es 0.102 m³/s (febrero) y el mínimo es 0.002 m³/s (julio).

Tabla 22. Cálculo del caudal en la microcuenca II con escenario de cambio climático.

Mes	Precipitación		Contribución de la retención					Mes	Caudales generados		
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto b_i	Abastecimiento				mm/mes	L/s	m ³ /s
		PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)		G_i (mm/mes)	a_i	A_i (mm/mes)				
Ene	114.56	54.24	54.24	0.20	0.0	0.23	0.0	Ene	54.2	94.36	0.094
Feb	115.33	55.04	55.04	0.22	0.0	0.23	0.0	Feb	55.0	102.36	0.102
Mar	95.92	36.47	36.47	0.20	0.0	0.15	0.0	Mar	36.5	63.44	0.063
Abr	35.68	7.22	7.22	0.21	0.0	0.03	0.0	Abr	7.2	12.97	0.013
May	14.52	3.28	3.28	0.20	0.0	0.01	0.0	May	3.3	5.71	0.006
Jun	7.17	1.76	1.76	0.21	0.0	0.01	0.0	Jun	1.8	3.16	0.003
Jul	5.14	1.29	1.29	0.20	0.0	0.01	0.0	Jul	1.3	2.24	0.002
Ago	8.77	2.11	2.11	0.20	0.0	0.01	0.0	Ago	2.1	3.67	0.004
Set	39.37	8.00	8.00	0.21	0.0	0.03	0.0	Set	8.0	14.39	0.014
Oct	62.63	15.27	15.27	0.20	0.0	0.06	0.0	Oct	15.3	26.57	0.027
Nov	59.32	13.93	13.93	0.21	0.0	0.06	0.0	Nov	13.9	25.04	0.025
Dic	99.78	39.85	39.85	0.20	0.0	0.17	0.0	Dic	39.8	69.33	0.069
Anual	658.20		238.45	2.44	0.00	1.00	0.00	Anual	238.45	423.26	0.423
Promedio	54.85		19.87	0.20	0.00	0.08	0.00	Promedio	19.87	35.27	0.035
Máximo	115.33		55.04	0.22	0.00	0.23	0.00	Máximo	55.04	102.36	0.102
Mínimo	5.14		1.29	0.20	0.00	0.01	0.00	Mínimo	1.29	2.24	0.002

Por último, en la Tabla 23 se detalla para la microcuenca III donde, el caudal promedio anual con escenario de cambio climático al 2100 es 0.172 m³/s, el promedio mensual es 0.014 m³/s, el máximo es 0.042 m³/s (febrero) y el mínimo es 0.001 m³/s (junio, julio y agosto).

Tabla 23. Cálculo del caudal en la microcuenca III con escenario de cambio climático.

Mes	Precipitación		Contribución de la retención					Mes	Caudales generados		
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto b_i	Abastecimiento				mm/mes	L/s	m ³ /s
		PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)		G_i (mm/mes)	a_i	A_i (mm/mes)				
Ene	114.56	54.24	54.24	0.17	0.0	0.23	0.0	Ene	54.2	38.27	0.038
Feb	115.33	55.04	55.04	0.19	0.0	0.23	0.0	Feb	55.0	41.52	0.042
Mar	95.92	36.47	36.47	0.17	0.0	0.15	0.0	Mar	36.5	25.73	0.026
Abr	35.68	7.22	7.22	0.18	0.0	0.03	0.0	Abr	7.2	5.26	0.005
May	14.52	3.28	3.28	0.17	0.0	0.01	0.0	May	3.3	2.32	0.002
Jun	7.17	1.76	1.76	0.18	0.0	0.01	0.0	Jun	1.8	1.28	0.001
Jul	5.14	1.29	1.29	0.17	0.0	0.01	0.0	Jul	1.3	0.91	0.001
Ago	8.77	2.11	2.11	0.17	0.0	0.01	0.0	Ago	2.1	1.49	0.001
Set	39.37	8.00	8.00	0.18	0.0	0.03	0.0	Set	8.0	5.84	0.006
Oct	62.63	15.27	15.27	0.17	0.0	0.06	0.0	Oct	15.3	10.78	0.011
Nov	59.32	13.93	13.93	0.18	0.0	0.06	0.0	Nov	13.9	10.15	0.010
Dic	99.78	39.85	39.85	0.17	0.0	0.17	0.0	Dic	39.8	28.12	0.028
Anual	658.20		238.45	2.12	0.00	1.00	0.00	Anual	238.45	171.66	0.172
Promedio	54.85		19.87	0.18	0.00	0.08	0.00	Promedio	19.87	14.31	0.014
Máximo	115.33		55.04	0.19	0.00	0.23	0.00	Máximo	55.04	41.52	0.042
Mínimo	5.14		1.29	0.17	0.00	0.01	0.00	Mínimo	1.29	0.91	0.001

6.2. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas para el análisis de datos fueron a partir de la estadística descriptiva, tal como el promedio, los valores máximos y mínimos en lo que concierne a los caudales de las microcuencas I, II y III, los cuales fueron representados a partir de tablas y figuras.

Asimismo, para la contrastación de la hipótesis, se realizó la prueba de normalidad de los datos de los caudales mensuales sin y con escenario de cambio climático (Tabla 28), eligiendo con ello el estadístico U de Mann-Whitney (

Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31) por microcuenca y para la totalidad que corresponde al caudal del río Chilca (Tabla 32).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

7.1. Variación del caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático

Según lo obtenido para el escenario actual y el escenario con cambio climático al 2100, se muestra la Tabla 24. Respecto al caudal en la microcuenca I, se evidencia que debido al escenario de cambio climático se da la reducción de los mismos entre diciembre hasta agosto y el incremento en setiembre, octubre y noviembre.

Tabla 24. Variación del caudal en la microcuenca I sin y con escenario de cambio climático.

Mes	Sin escenario de cambio climático		Con escenario de cambio climático		Variación (%)
	L/s	m ³ /s	L/s	m ³ /s	
Ene	194.015	0.194	177.584	0.178	-8.47
Feb	210.397	0.210	192.644	0.193	-8.44
Mar	130.875	0.131	119.401	0.119	-8.77
Abr	25.461	0.025	24.413	0.024	-4.12
May	11.132	0.011	10.752	0.011	-3.41
Jun	6.001	0.006	5.946	0.006	-0.92
Jul	4.259	0.004	4.219	0.004	-0.95
Ago	6.977	0.007	6.915	0.007	-0.90
Set	24.265	0.024	27.081	0.027	11.60
Oct	42.062	0.042	50.013	0.050	18.90
Nov	39.995	0.040	47.119	0.047	17.81
Dic	143.021	0.143	130.470	0.130	-8.78

Anual	838.463	0.838	796.556	0.797	-5.00
Promedio	69.872	0.070	66.380	0.066	-5.00
Máximo	210.397	0.210	192.644	0.193	-8.44
Mínimo	4.259	0.004	4.219	0.004	-0.95

La representación gráfica de las variaciones del caudal en la microcuenca I por el escenario de cambio climático, se detallan en la siguiente figura:

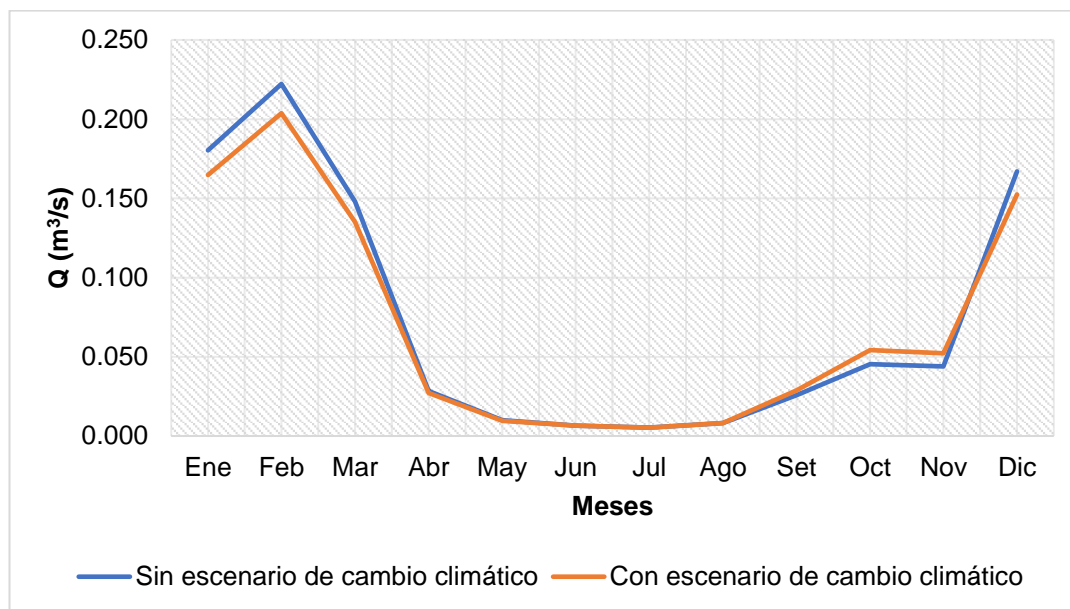


Figura 8. Caudal en la microcuenca I.

Fuete: Propia

7.2. Variación del caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático

Asimismo, en la Tabla 25 se muestra lo referido a los caudales en la microcuenca II, evidenciándose que por el escenario de cambio climático se reduce los mismos entre diciembre hasta agosto y se incrementa en setiembre, octubre y noviembre.

Tabla 25. Variación del caudal en la microcuenca II sin y con escenario de cambio climático.

Mes	Sin escenario de cambio climático		Con escenario de cambio climático		Variación (%)
	L/s	m³/s	L/s	m³/s	
Ene	103.091	0.103	94.361	0.094	-8.47
Feb	111.796	0.112	102.363	0.102	-8.44
Mar	69.541	0.070	63.445	0.063	-8.77
Abr	13.529	0.014	12.972	0.013	-4.12

May	5.915	0.006	5.713	0.006	-3.41
Jun	3.189	0.003	3.159	0.003	-0.92
Jul	2.263	0.002	2.242	0.002	-0.95
Ago	3.707	0.004	3.674	0.004	-0.90
Set	12.893	0.013	14.389	0.014	11.60
Oct	22.350	0.022	26.575	0.027	18.90
Nov	21.252	0.021	25.037	0.025	17.81
Dic	75.995	0.076	69.326	0.069	-8.78
Anual	445.523	0.446	423.255	0.423	-5.00
Promedio	37.127	0.037	35.271	0.035	-5.00
Máximo	111.796	0.112	102.363	0.102	-8.44
Mínimo	2.263	0.002	2.242	0.002	-0.95

En consecuencia, la Figura es la representación gráfica de las variaciones del caudal en la microcuenca II por el escenario de cambio climático.

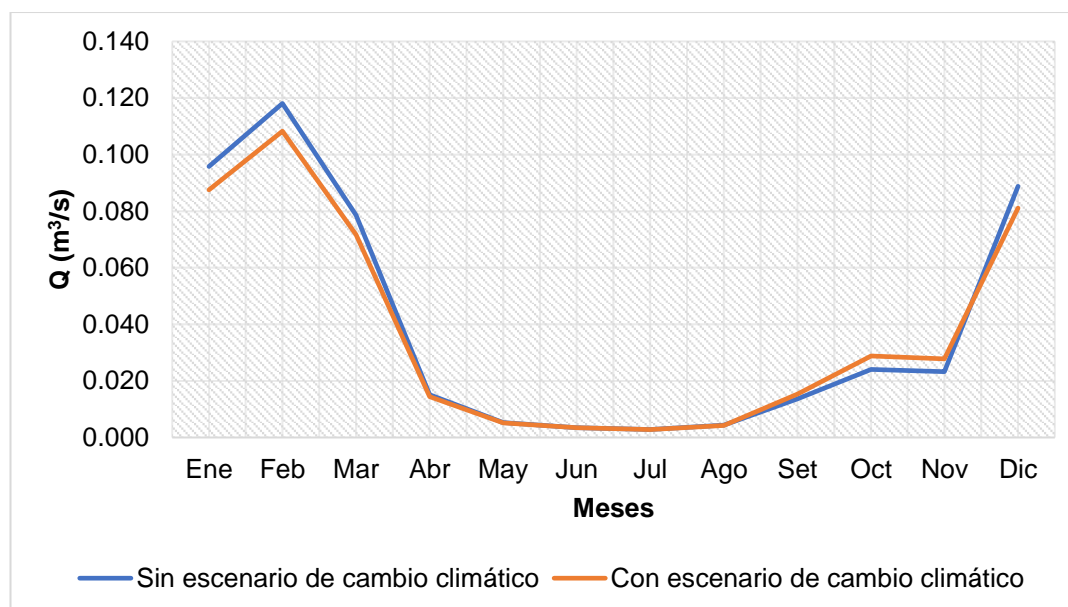


Figura 9. Caudal en la microcuenca II.

Fuete: Propia

7.3. Variación del caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático

Del mismo modo, en la Tabla 26 se muestra lo referido a los caudales en la microcuenca III, evidenciándose que por el escenario de cambio climático se reducen entre diciembre hasta agosto y se incrementan en setiembre, octubre y noviembre.

Tabla 26. Variación del caudal en la microcuenca III sin y con escenario de cambio climático.

Mes	Sin escenario de cambio climático		Con escenario de cambio climático		Variación (%)
	L/s	m ³ /s	L/s	m ³ /s	
Ene	41.812	0.042	38.271	0.038	-8.47
Feb	45.342	0.045	41.516	0.042	-8.44
Mar	28.205	0.028	25.732	0.026	-8.77
Abr	5.487	0.005	5.261	0.005	-4.12
May	2.399	0.002	2.317	0.002	-3.41
Jun	1.293	0.001	1.281	0.001	-0.92
Jul	0.918	0.001	0.909	0.001	-0.95
Ago	1.504	0.002	1.490	0.001	-0.90
Set	5.229	0.005	5.836	0.006	11.60
Oct	9.065	0.009	10.778	0.011	18.90
Nov	8.619	0.009	10.154	0.010	17.81
Dic	30.822	0.031	28.117	0.028	-8.78
Anual	180.695	0.181	171.664	0.172	-5.00
Promedio	15.058	0.015	14.305	0.014	-5.00
Máximo	45.342	0.045	41.516	0.042	-8.44
Mínimo	0.918	0.001	0.909	0.001	-0.95

En la Figura se representa gráficamente las variaciones del caudal en la microcuenca III por el escenario de cambio climático.

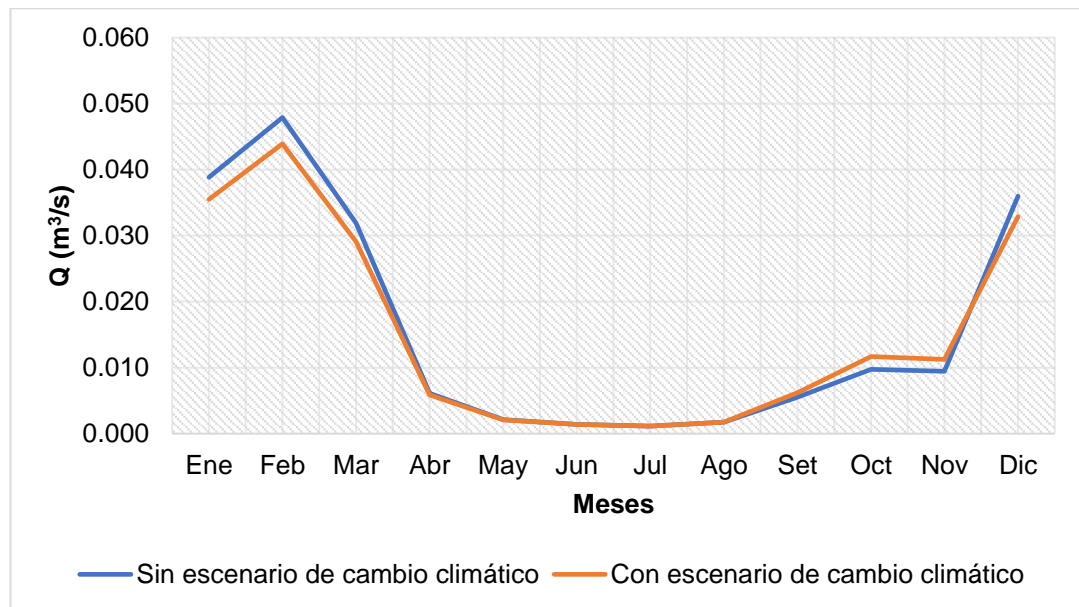


Figura 10. Caudal en la microcuenca III.

Fuete: Propia

7.4. Variación del caudal del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático

En la Tabla 27 se muestra lo referido al caudal del río Chilca, producto de la suma de la microcuenca I, II y III, evidenciándose que por el escenario de cambio climático se reducen entre diciembre hasta agosto y se incrementan en setiembre, octubre y noviembre.

Tabla 27. Variación del caudal del río Chilca sin y con escenario de cambio climático.

Mes	Sin escenario de cambio climático		Con escenario de cambio climático		Variación (%)
	L/s	m ³ /s	L/s	m ³ /s	
Ene	338.919	0.339	310.216	0.310	-8.47
Feb	367.536	0.368	336.523	0.337	-8.44
Mar	228.621	0.229	208.578	0.209	-8.77
Abr	44.478	0.044	42.646	0.043	-4.12
May	19.445	0.019	18.782	0.019	-3.41
Jun	10.483	0.010	10.386	0.010	-0.92
Jul	7.441	0.007	7.370	0.007	-0.95
Ago	12.188	0.012	12.079	0.012	-0.90
Set	42.388	0.042	47.306	0.047	11.60
Oct	73.477	0.073	87.366	0.087	18.90
Nov	69.866	0.070	82.310	0.082	17.81
Dic	249.839	0.250	227.913	0.228	-8.78
Anual	1464.681	1.465	1391.475	1.391	-5.00
Promedio	122.057	0.122	115.956	0.116	-5.00
Máximo	367.536	0.368	336.523	0.337	-8.44
Mínimo	7.441	0.007	7.370	0.007	-0.95

Finalmente, en la Figura se representa gráficamente las variaciones del caudal del río Chilca por el escenario de cambio climático

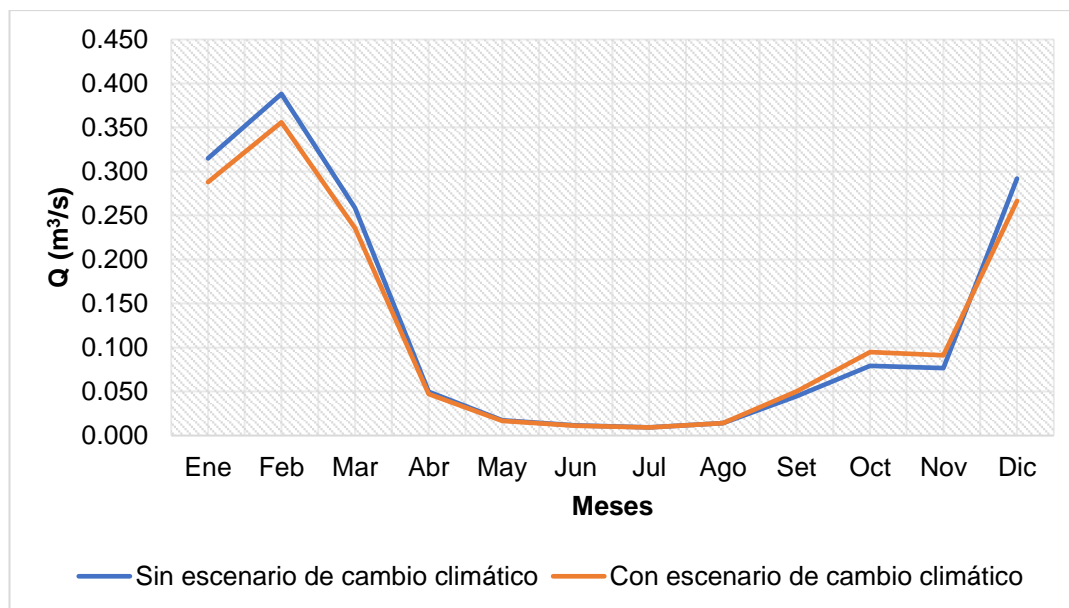


Figura 11. Caudal del río Chilca.

Fuete: Propia

7.5. Contrastación estadística

Se realizó el análisis estadístico, procediendo en primera instancia con determinar la normalidad de los datos, para determinar qué prueba estadística ya sea paramétrico o no paramétrica sea necesario utilizar, tal como se muestra a continuación:

7.5.1. Prueba de normalidad

En la Tabla 28 se detalla los resultados de la prueba de normalidad realizada a los datos de los caudales para la microcuenca I, II, III y del río Chilca, según el estadístico Shapiro-Wilk, de lo cual se tiene en todos los casos un nivel de significancia menor a 0.05 (confiabilidad del 95 %), representando una distribución no normal de los datos, trayendo consigo la utilización de una prueba no paramétrica para la contrastación de la hipótesis como es la U de Mann-Whitney por contar con dos muestras independientes (caudales sin y con escenario de cambio climático).

Tabla 28. Prueba de normalidad de los datos.

Escenario de cambio climático		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Caudal en la microcuenca I	Sin escenario de cambio climático	0.80	12.00	0.01

	Con escenario de cambio climático	0.83	12.00	0.02
Caudal en la microcuenca II	Sin escenario de cambio climático	0.80	12.00	0.01
	Con escenario de cambio climático	0.83	12.00	0.02
Caudal en la microcuenca III	Sin escenario de cambio climático	0.80	12.00	0.01
	Con escenario de cambio climático	0.83	12.00	0.02
Caudal total sin escenario climático	Sin escenario de cambio climático	0.80	12.00	0.01
	Con escenario de cambio climático	0.83	12.00	0.02

7.5.2. Prueba estadística

En la Figura se representa que el rango de la media para los caudales de la microcuenca I sin escenario de cambio climático es de 12.38 y de considerarse el cambio climático es de 12.62, por ello a fin de determinar si esa diferencia es significativa se tiene la

Tabla 29, donde de acuerdo a la prueba U de Mann-Whitney el nivel de significancia es de 0.93 representando que tal diferencia entre caudales no es significativa, concluyendo que no hay afectación significativa en tales valores debido al escenario de cambio climático.

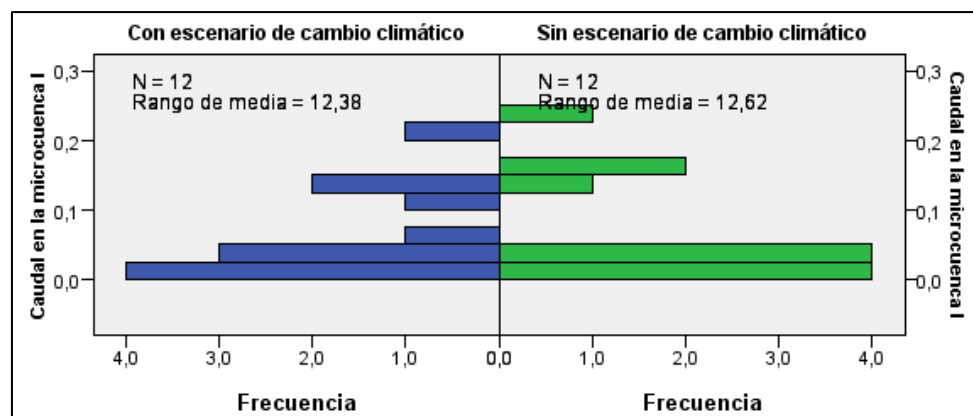


Figura 12. Diferencia de rangos entre caudales de la microcuenca I.

Fuete: Propia

Tabla 29. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales de la microcuenca I.

Parámetros	Valor
N total	24.00
U de Mann-Whitney	70.50
W de Wilcoxon	148.50
Estadístico de contraste	70.50
Error estándar	17.29
Estadístico de contraste estandarizado	-0.09
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.93
Significación exacta (prueba bilateral)	0.93

Del mismo modo, en la Figura 1 se representa que el rango de la media para los caudales de la microcuenca II sin escenario de cambio climático es 12.46 y de considerarse el cambio climático es 12.54, por ello a fin de determinar si esa diferencia es significativa se tiene la Tabla 30, donde de acuerdo a la prueba U de Mann-Whitney el nivel de significancia es de 0.98 representando que tal diferencia entre caudales no es significativa, concluyendo que no hay afectación significativa en tales valores debido al escenario de cambio climático.

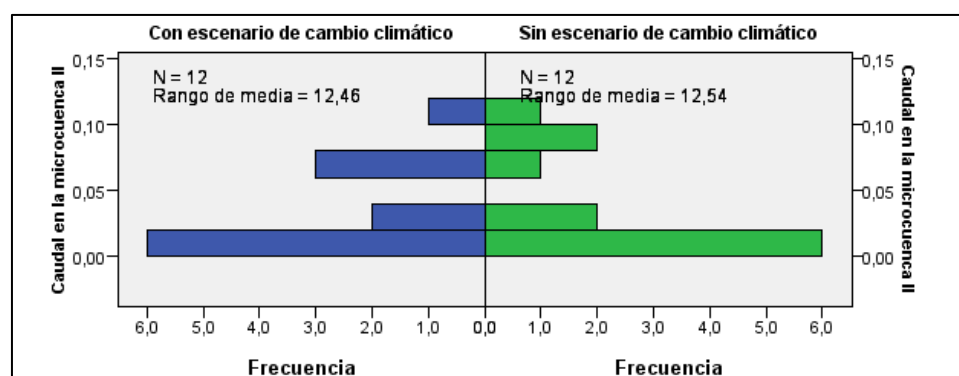


Figura 13. Diferencia de rangos entre caudales de la microcuenca II.

Fuete: Propia

Tabla 30. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales de la microcuenca II.

Parámetros	Valor
N total	24.00
U de Mann-Whitney	71.50
W de Wilcoxon	149.50
Estadístico de contraste	71.50
Error estándar	17.27
Estadístico de contraste estandarizado	-0.03
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.98
Significación exacta (prueba bilateral)	0.98

Consecuentemente, en la Figura se representa que el rango de la media para los caudales de la microcuenca III sin escenario de cambio climático es de 12.38 y de considerarse el cambio climático es de 12.62, por ello a fin de determinar si esa diferencia es significativa se tiene la Tabla 31, donde de acuerdo a la prueba U de Mann-Whitney el nivel de significancia es de 0.93 representando que tal diferencia entre caudales no es significativa, concluyendo que no hay afectación significativa en tales valores debido al escenario de cambio climático.

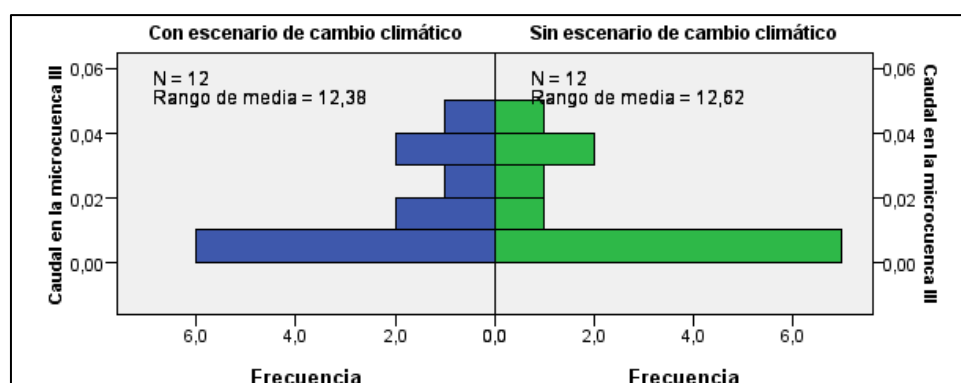


Figura 14. Diferencia de rangos entre caudales de la microcuenca III.

Fuete: Propia

Tabla 31. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales de la microcuenca III.

Parámetros	Valor
N total	24.00
U de Mann-Whitney	70.50
W de Wilcoxon	148.50
Estadístico de contraste	70.50
Error estándar	17.17
Estadístico de contraste estandarizado	-0.09
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.93
Significación exacta (prueba bilateral)	0.93

La Figura representa que el rango de la media para los caudales del río Chilca sin escenario de cambio climático es 12.42 y con cambio climático es 12.58, por ello a fin de determinar si esa diferencia es significativa se tiene la Tabla 32, donde de acuerdo a la prueba U de Mann-Whitney el nivel de significancia es 0.98 representando que tal diferencia entre caudales no es significativa,

concluyendo que no hay afectación significativa en tales valores debido al escenario de cambio climático.

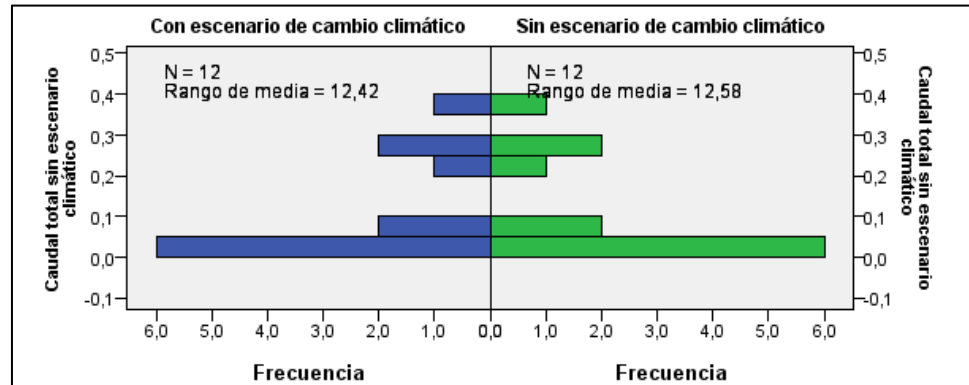


Figura 25. Diferencia de rangos entre caudales totales.

Fuete: Propia

Tabla 32. Prueba de U de Mann -Whitney para los caudales totales.

Parámetros	Valor
N total	24.00
U de Mann-Whitney	71.00
W de Wilcoxon	149.00
Estadístico de contraste	71.00
Error estándar	17.30
Estadístico de contraste estandarizado	-0.06
Significación asintótica (prueba bilateral)	0.95
Significación exacta (prueba bilateral)	0.98

7.5.3. Calculo estadístico

Partiendo de las hipótesis específicas “a”:

H_{ia} : El caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía en relación al escenario actual.

H_{0a} : El caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, no varía en relación al escenario actual.

Partiendo de las hipótesis específicas “b”:

H_{ib} : El caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la

temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía en relación al escenario actual.

H_{0b}: El caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, no varía en relación al escenario actual.

Partiendo de las hipótesis específicas “c”:

H_{ic}: El caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía en relación al escenario actual.

H_{0c}: El caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía en relación al escenario actual.

Según la prueba U de Mann-Whitney (

Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32), para la microcuenca I y III el nivel de significancia es de 0.93, para la microcuenca II y para la totalidad del caudal es 0.98, representando que la variación de los caudales sin y con escenario climático no es significativa; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de la investigación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la determinación de los caudales medios mensuales del río Chilca, se determinó que esta cuenta con tres microcuencas, las cuales fueron caracterizadas en cuanto a su área, altitud media, precipitación total anual promedio, temperatura media anual, coeficiente de temperatura, déficit de escurrimiento, coeficiente de agotamiento y relación de caudales, tal como se puede observar en la Tabla 12, Tabla 13 y Tabla 14, destacándose que el área de la microcuenca I es de 8.77 km², de la microcuenca II es de 4.66 km² y de la microcuenca III es de 1.89 km². Con tal información se procedió a la aplicación del método Lutz Scholz, obteniendo como resultados para la microcuenca I, según la

Tabla 18 que, el caudal anual es de 0.838 m³/s, el promedio mensual es de 0.070 m³/s, el máximo de 0.210 m³/s (febrero) y el mínimo de 0.004 m³/s (julio); para la microcuenca II, tal como se detalla en la Tabla 19, el caudal anual es de 0.446 m³/s, el promedio mensual es de 0.037 m³/s, el máximo de 0.112 m³/s (febrero) y el mínimo de 0.002 m³/s (julio); para la microcuenca III, según se especifica en la Tabla 20, el caudal anual es de 0.181 m³/s, el promedio mensual es de 0.015 m³/s, el máximo de 0.045 m³/s (febrero) y el mínimo de 0.001 m³/s (junio y julio); y para la totalidad que correspondería al caudal del río Chilca se obtuvo un caudal anual de 1.465 m³/s, el promedio de 0.122 m³/s, el máximo de 0.368 m³/s (febrero) y el mínimo de 0.007 m³/s (julio).

Los resultados obtenidos, se fundamentan en lo mencionado por Rosales (2019) que realizó la investigación “Oferta hídrica para uso agrario en la microcuenca Huancallima utilizando Arcgis y el modelo de Lutz Scholtz”, pues considera que, el modelo Lutz Scholtz es el que más se ajusta para calcular caudales mensuales en microcuencas altoandinas con ausencia de datos hidrometeorológicos; del mismo modo, con lo estipulado por Quiroz (2019) que

desarrolló la investigación “Disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres ríos”, respecto a que, el modelo Lutz Scholz se aproxima a los caudales medidos en campo.

Asimismo, se caracterizó cada una de las microcuencas del río Chilca, con la diferencia en la precipitación y temperatura que fue afectada por el escenario de cambio climático al años 2100 según el IPCC (Tabla 4 y Tabla 5) tal como se puede observar en la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17. Con la aplicación del metodo Lutz Scholz, se obtuvo que para la microcuenca I, el caudal promedio anual es de 0.838 m³/s, el promedio mensual es de 0.070 m³/s, el máximo es de 0.210 m³/s (febrero) y el mínimo es de 0.004 m³/s (julio), para la microcuenca II, el caudal promedio anual con escenario de cambio climático al 2100 es de 0.446 m³/s, el promedio mensual es de 0.037 m³/s, el máximo es de 0.112 m³/s (febrero) y el mínimo es de 0.002 m³/s (julio), para la microcuenca III, el caudal promedio anual con escenario de cambio climático al 2100 es de 0.181 m³/s, el promedio mensual es de 0.015 m³/s, el máximo es de 0.045 m³/s (febrero) y el mínimo es de 0.001 m³/s (junio y julio); por lo tanto, para el río Chilca, se tiene que, el caudal anual es de 1.465 m³/s, el promedio es de 0.122 m³/s, el máximo es de 0.368 m³/s (febrero) y el mínimo es de 0.007 m³/s (julio).

A fin de determinar si las variaciones de los caudales del río Chilca son significativas se realizó el análisis estadístico, comenzando con la prueba de normalidad para establecer qué prueba utilizar tal como se detalla en la Tabla 28. De acuerdo al estadístico Shapiro-Wilk, se tiene en todos los casos un nivel de significancia menor a 0.05 (confiabilidad del 95 %), representando una distribución no normal de los datos, trayendo consigo la utilización de una prueba no paramétrica para la contrastación de la hipótesis como es la U de Mann-Whitney por contar con dos muestras independientes (caudales sin y con escenario de cambio climático). En consecuencia a esta prueba se tiene la

Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32, donde, para la microcuenca I y III el nivel de significancia es de 0.93, para la microcuenca II y para la totalidad del caudal es 0.98, representando que la variación de los caudales sin y con escenario climático, no es significativa; aceptando así la hipótesis nula de la investigación

Cabe mencionar que, los resultados obtenidos no concuerda con lo conseguido por Rivera y América (2018) quienes realizaron la investigación “Aproximación de la oferta hídrica futura de la cuenca del río Chuza bajo escenarios de cambio climático, cuenca estratégica para el sistema de abastecimiento de Bogotá en el PNN Chingaza”, pues concluyeron que, el efecto de los escenarios de cambio climático en la cuenca del río Chuza son muy significativos por los cambios de temperatura y precipitación, además del incremento de 3 % a 4 % de la evapotranspiración potencial y real.

Finalmente, según Huamán y Rodríguez (2017) que realizaron el artículo científico “Generación de caudales medios mensuales de la cuenca Grande (Mashcón) impactada por actividad minera”, se debe considerar sectorizar y racionalizar el recurso hídrico por actividad tanto poblacional e industrial, con lo cual se contribuiría a su mejor manejo.

CONCLUSIONES

1. Los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático no varían significativamente en relación al escenario actual.
2. El caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, no varía en relación al escenario actual, pues en el escenario actual el promedio fue de $0.070 \text{ m}^3/\text{s}$ y con el escenario de cambio climático fue de $0.066 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. El caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía en relación al escenario actual, pues en el escenario actual el promedio fue de $0.037 \text{ m}^3/\text{s}$ y con el escenario de cambio climático fue de $0.035 \text{ m}^3/\text{s}$.
4. El caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía en relación al escenario actual, pues en el escenario actual el promedio fue de $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ y con el escenario de cambio climático fue de $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las autoridades competentes realizar el inventario de los caudales de cada una de las unidades hidrográficas que se encuentran en la provincia de Huancayo, pues es ello permitirá racionalizar el uso del recurso hídrico.
2. A pesar de no existir diferencias significativas del caudal del escenario actual como el escenario de cambio climático al año 2100 en cada una de las microcuencas que conforman la unidad hidrográfica del río Chilca, se debe optar por no contaminarlo y construir sistemas de almacenamiento, pues se estaría perdiendo un gran recurso.
3. Se recomienda a la población que hace uso del recurso hídrico del río Chilca, no realizar actividades de lavado de ropa en las partes altas de cada microcuenca, pues eso perjudica la calidad del agua.
4. Se debe optar que los desagües sanitarios de la población colindante al río Chilca no sean vertidos sin previo tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coaquira, R. (2015). *Análisis de precipitaciones para determinar caudales máximos en la microcuenc Milli Milli - Moho*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Díaz, J. (2017). *Determinación de la disponibilidad hídrica superficial mediante balance hídrico en la cuenca del río Cumbaza - San Martín, 2016*. Universidad Peruana Unión.
- Fuentes, J. (2011). *Estimación del recurso hídrico superficial en el pico de Tancitaro, Michoacán*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Google Maps. (2021). Google Maps. Recuperado de <https://www.google.com/maps>
- Güiza, N. (2019). *Estimación de los cambios en los índices asociados a la oferta y la demanda del recurso hídrico en la cuenca del río Coello bajo escenarios de cambio climático* (Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/72638/1/1015432988.2019.pdf>
- Huamán, F., & Rodríguez, S. (2017). Generación de caudales medios mensuales de la cuenca Grande (Mashcón) impactada por actividad minera. *Caxamarca*, 16(2), 19-24. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3089>
- Laverde, N., & Moyano, N. (2019). *Impacto de los escenarios de cambio climático en la relación oferta - demanda en la cuenca del río Balsillas - departamento de Cundimarca* (Universidad Santo Tomás). Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21421>

- León, R. (2017). *Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura, considerando la incidencia del cambio climático*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mamani, W. (2015). *Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz*. Universidad Nacional del Altiplano.
- MINAGRI. (2010). *Evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Huancané y Suches* (pp. 1-415). pp. 1-415. Lima - Perú: Autoridad Nacional del Agua.
- Najarro, D. (2015). *Calibración del modelo Lutz Scholtz y generación de caudales extendidos aplicado a la cuenca del río Chacco*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Quiroz, M. (2019). *Disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres ríos* (Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3027>
- Rivera, J., & América, D. (2018). *Aproximación de la oferta hídrica futura de la cuenca del río Chuza bajo escenarios de cambio climático, cuenca estratégica para el sistema de abastecimiento de Bogotá en el PNN Chingaza* (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15398>
- Rosales, A. (2019). *Oferta hídrica para uso agrario en la microcuenca Huancallima utilizando Arcgis y el modelo de Lutz Scholtz* (Universidad Nacional Federico Villarreal). Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3985>
- SENAMHI. (2007). *Escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro para el año 2100* (p. 124). p. 124. Recuperado de <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/268>
- SENAMHI. (2020). Datos hidrometeorológicos. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

- Tapia, A. (2016). *Balance hídrico usando un modelo hidrológico distribuido en la unidad hidrográfica río Pindo, provincias de Loja y El Oro, Ecuador*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Terán, C. (2014). *Volumen de agua aprovechable en la microcuenca del río Tres ríos, usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz validado, para los años hidrológico 2008 - 2012*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- ZEE. (2015). *Memoria descriptiva del estudio hidrológico y de cuencas del departamento de Junín a escala 1:100000*. JUNÍN.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Matriz de consistencia						
Tesis: "CAUDALES MEDIOS MENSUALES DEL RÍO CHILCA USANDO EL MODELO DETERMINÍSTICO ESTOCÁSTICO LUTZ SCHOLZ BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO, HUANCAYO - JUNÍN"						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cómo es la variación de los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo – Junín?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿De qué forma varía el caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático? b) ¿Cuál es la variación del caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático? c) ¿Cómo es la variación del caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la</p>	<p>Objetivo general: Evaluar la variación de los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático, Huancayo – Junín.</p> <p>Objetivos específicos: a) Explicar la variación del caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático. b) Evaluar la variación del caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático. c) Demostrar la variación del caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la</p>	<p>Hipótesis general: Los caudales medios mensuales del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz bajo escenarios de cambio climático varían de acuerdo al escenario actual.</p> <p>Hipótesis específicas: a) El caudal de la microcuenca I del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía respecto al escenario actual. b) El caudal de la microcuenca II del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía respecto al escenario actual. c) El caudal de la microcuenca III del río Chilca usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz con la variación de la temperatura y la precipitación por el cambio climático, varía respecto al escenario actual.</p>	<p>Variable independiente (X): escenario de cambio climático.</p> <p>Variable dependiente (Y): caudal medio mensual.</p>	<p>- Escenario de cambio climático.</p> <p>- Caudal en la microcuenca I.</p> <p>- Caudal en la microcuenca II.</p> <p>- Caudal en la microcuenca III.</p>	<p>- Variación de la temperatura promedio.</p> <p>- Variación de la precipitación media.</p> <p>- Déficit de escurrimiento.</p> <p>- Gasto de la retención.</p> <p>- Abastecimiento de la retención.</p> <p>- Déficit de escurrimiento.</p> <p>- Gasto de la retención.</p> <p>- Abastecimiento de la retención.</p> <p>- Déficit de escurrimiento.</p> <p>- Gasto de la retención.</p> <p>- Abastecimiento de la retención.</p>	<p>Método de investigación: científico.</p> <p>Tipo de investigación: aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: experimental.</p> <p>Población: La población correspondió a la unidad hidrográfica del río Chilca, que se ubica entre los distritos de Huancayo y Chilca, en la provincia de Huancayo del departamento de Junín.</p> <p>Muestra: La muestra de acuerdo al método intencional o dirigido fue la totalidad del río Chilca que se ubica entre los distritos de Huancayo y Chilca, en la provincia de Huancayo del departamento de Junín; asimismo, es dable mencionar que, esta unidad hidrográfica está conformada por tres microcuencas.</p>

temperatura y la precipitación por el cambio climático?	precipitación por el cambio climático.					
---	--	--	--	--	--	--

Anexo N° 02: datos meteorológicos

Tabla 33. Datos de precipitación según la estación Viques.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2001	163.7	103.8	143.1	29.3	23.0	0.0	23.6	8.8	53.5	116.9	47.0	104.6
2002	121.4	127.9	81.3	19.6	0.0	1.1	20.8	0.0	41.6	72.4	98.2	51.2
2003	75.4	166.3	129.3	43.0	14.2	0.0	0.0	7.4	30.4	26.0	79.9	90.8
2004	22.0	135.3	67.1	40.5	25.8	23.5	11.1	14.2	29.6	33.0	52.3	89.7
2005	54.1	74.2	61.8	21.2	11.9	0.0	0.0	17.5	32.4	108.0	51.1	80.6
2006	131.7	81.0	87.8	34.8	0.0	4.4	0.0	27.7	21.6	51.8	39.9	110.3
2007	84.1	42.1	108.1	25.1	0.0	0.0	9.2	0.0	23.4	31.2	37.2	35.0
2008	123.8	109.2	69.1	0.0	2.1	9.6	0.0	0.0	38.0	78.4	52.8	104.8
2009	87.8	57.5	114.7	39.9	22.1	0.0	5.8	21.4	9.9	59.0	83.1	171.8
2010	149.0	89.5	103.5	38.0	0.0	22.1	0.0	6.8	15.4	28.8	59.2	188.6
2011	202.6	298.8	180.7	96.7	17.3	0.0	8.4	11.0	69.4	53.4	56.0	128.6
2012	115.5	153.4	92.1	122.1	20.2	19.7	5.6	6.2	55.7	42.9	42.2	144.3
2013	110.4	152.4	77.8	9.0	18.3	15.2	5.8	23.5	40.2	50.5	22.4	143.1
2014	173.4	134.5	160.8	55.6	31.3	16.3	2.0	3.1	63.3	74.6	73.1	116.5
2015	105.4	116.7	75.1	30.9	16.3	26.1	7.2	13.5	46.1	56.7	60.4	92.2
2016	114.7	150.3	25.7	35.8	22.8	0.0	0.0	0.0	26.9	59.3	50.1	74.2
2017	183.0	137.6	82.9	43.5	9.6	0.0	0.0	3.0	52.5	37.6	41.7	65.4
2018	157.6	86.0	179.0	30.6	9.5	3.6	4.1	13.1	18.0	96.0	47.2	67.8
2019	143.0	91.7	72.2	21.9	27.2	0.1	0.0	0.0	4.9	31.3	62.2	141.9
2020	68.0	94.5	86.3	5.9	31.0	3.1	0.3	0.0	36.6	20.7	12.8	77.4
Promedio	119.33	120.14	99.92	37.17	15.13	7.24	5.20	8.86	35.47	56.43	53.44	103.94
Promedio con escenario de cambio climático	114.56	115.33	95.92	35.68	14.52	7.17	5.14	8.77	39.37	62.63	59.32	99.78

Fuente: SENAMHI (2020).

Tabla 34. Datos de temperatura media según la estación Viques.

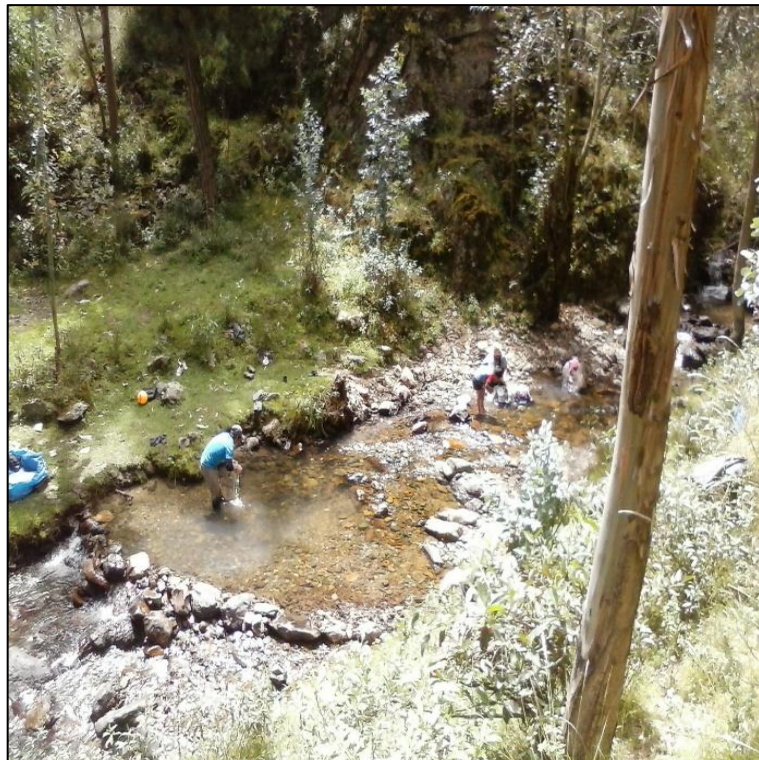
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2001	12.7	13.0	13.0	12.2	12.4	11.7	11.8	10.8	12.9	14.3	14.7	13.6
2002	13.8	11.8	12.8	12.9	12.5	11.9	12.3	12.5	12.1	13.3	12.9	13.0
2003	13.0	12.5	12.5	12.2	12.5	12.4	12.2	13.3	12.6	12.0	12.4	13.0
2004	14.9	13.7	13.5	13.4	12.8	11.8	12.2	12.1	13.3	14.1	14.8	14.1
2005	14.3	14.1	14.2	14.3	13.5	11.6	12.9	12.6	14.3	14.3	15.6	14.0
2006	13.3	12.7	13.0	13.6	12.0	12.3	10.8	12.6	13.8	14.4	14.2	14.9
2007	14.9	13.9	13.4	13.2	12.9	12.2	12.4	13.1	13.0	13.2	13.7	14.2
2008	13.3	12.6	12.7	13.6	12.7	12.2	12.7	13.0	13.3	13.9	15.3	14.7
2009	13.5	12.7	13.0	13.4	13.1	12.5	12.0	13.2	14.7	14.6	15.0	13.8
2010	13.8	13.8	14.2	14.1	13.9	12.5	12.7	13.1	14.4	14.8	14.8	13.9
2011	13.0	12.3	13.2	13.0	12.6	12.5	11.7	12.9	14.3	14.7	15.9	13.6
2012	13.7	13.0	13.0	12.8	12.6	11.7	11.2	12.5	13.5	14.6	15.1	14.0
2013	14.0	13.2	14.1	14.1	13.1	12.3	11.4	12.5	13.7	14.5	15.3	13.8
2014	13.9	13.2	13.4	13.5	13.2	12.4	12.2	12.2	13.9	14.2	15.3	14.5
2015	13.9	13.4	13.7	13.4	13.4	12.2	11.9	13.0	14.6	15.1	15.0	14.7
2016	15.2	14.7	14.9	14.8	13.8	12.5	12.2	13.7	14.1	14.8	14.4	14.2
2017	13.6	13.0	13.9	14.2	14.1	13.2	12.6	12.9	14.1	14.3	14.3	14.2
2018	13.4	13.9	14.1	13.5	12.9	12.3	12.0	13.1	13.3	14.1	14.8	14.3
2019	14.3	13.4	14.2	14.1	13.0	11.7	11.7	12.2	14.3	15.0	15.2	14.4
Promedio	13.82	13.22	13.52	13.48	13.00	12.19	12.05	12.70	13.70	14.21	14.68	14.06
Promedio con escenario	14.62	14.12	14.42	14.38	13.90	13.09	12.95	13.60	14.60	15.11	15.58	14.86

Fuente: SENAMHI (2020).

Anexo N° 03: panel fotográfico



Fotografía 2. Vista panorámica del río Chilca.



Fotografía 3. Vista de cómo la población hace uso del agua del río Chilca, para el lavado de ropas.



Fotografía 4. Cauce del río Chilca en época de estiaje.



Fotografía 5. Vista del caudal en el río Chilca.



Fotografía 6. Vista de marca de la altura donde llega el agua del río Chilca.

Anexo N° 04: planos

