



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**VARIACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL POR
EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RIO
ZAPATILLA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FREDY ALANOCA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

VARIACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL POR EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RIO ZAPATILLA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO

AUTOR

FREDY ALANOCA MAMANI

RECuento de palabras

47583 Words

RECuento de caracteres

224925 Characters

RECuento de páginas

177 Pages

Tamaño del archivo

17.5MB

FECHA DE ENTREGA

May 23, 2024 2:17 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 23, 2024 2:21 PM GMT-5

● **8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


M.Sc. Edilberto Velarde Coaquira
DOCENTE
CIP: 122022


M.Sc. EDILBERTO VELARDE COAQUIRA
Director Unidad de Investigación
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNA - Puno

Resumen



DEDICATORIA

A Dios padre por darme la fortaleza, inteligencia, paciencia, sabiduría y por darme la vida y salud para lograr mis objetivos, quien guía mi camino y por su bendición e infinita bondad.

A mis padres, Alfredo y Graciela, por su preocupación, sus consejos, sacrificio y apoyo incondicional durante mi formación profesional y estar siempre presente ayudándome en cada proceso que desarrolle en mi vida universitaria.

A mis queridos hermanos Nidia, Juan Diego, Wilmer Jhon, Jhoselin Mabel y Mijail Brayan por ser fuente de inspiración, motivación y apoyo incondicional en el logro de mis objetivos.

Bach. Fredy Alanoca Mamani



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, alma mater de la región Puno, a la Facultad y Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme brindado la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios, a mis docentes quienes aportaron y contribuyeron con sus conocimientos en mi formación profesional.

A mi director y asesor de tesis Ing. M.Sc. Alcides Héctor Calderón Montalico, por el apoyo, orientación y por sus valiosos aportes durante la ejecución del presente proyecto, de igual forma agradezco a mis jurados de tesis por el valioso tiempo y aportes en la etapa de evaluación y por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A mis compañeros y amigos de estudio por compartir momentos gratos durante mi formación profesional.

Bach. Fredy Alanoca Mamani



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1.1. Problema general.....	21
1.1.2. Problemas específicos	21
1.2. HIPÓTESIS	22
1.2.1. Hipótesis Alternativa.....	22
1.2.2. Hipótesis nula.....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN	22
1.4. OBJETIVOS.....	23
1.4.1. Objetivo general	23
1.4.2. Objetivos específicos	23

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.1.1.	Internacionales	24
2.1.2.	Nacionales	27
2.1.3.	Locales.....	30
2.2.	MARCO TEÓRICO	33
2.2.1.	Hidrología	33
2.2.2.	Ciclo hidrológico.....	34
2.2.3.	Cuenca hidrográfica	35
2.2.4.	Escorrentía.....	35
2.2.5.	Oferta hídrica	36
2.2.6.	Modelos hidrológicos.....	37
2.2.7.	Clasificación de los modelos hidrológicos.....	38
2.2.7.1.	Modelos agregados	39
2.2.7.2.	Modelos distribuidos.....	39
2.2.7.3.	Modelos semidistribuidos	39
2.2.8.	Modelo hidrológico GR2M.....	40
2.2.8.1.	Función de Producción.....	42
2.2.8.2.	Función de Transferencia.....	43
2.2.9.	Calibración del Modelo.....	44
2.2.10.	Pruebas de bondad de ajuste	45
2.2.10.1.	Coefficiente de determinación (R^2).....	45
2.2.10.2.	Raíz del error cuadrático medio “RMSE”.....	46
2.2.10.3.	Sesgo estadístico relativo (PBIAS).....	47
2.2.11.	Indicadores Estadísticos del modelo (GR2M).	48
2.2.11.1.	Coefficiente de Nash-Sutcliffe (NSE).....	48



2.2.12. Clima y sistema climático	49
2.2.13. Cambio climático	50
2.2.13.1. Escenarios de Emisiones para el Cambio Climático.....	52
2.2.13.2. Trayectorias socioeconómicas compartidas “SSP”	53
2.2.13.3. Proyección de Precipitación y Temperatura para el Perú	55
2.2.13.4. Modelamiento hidrológico	56
2.2.14. Modelos climáticos globales (GCM)	58
2.2.15. Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6)	59
2.2.16. Métodos de Downscaling (Reducción De Escala)	63
2.2.16.1. Reducción de escala estadístico (Statistical Downscaling).....	64
2.2.16.2. Reducción de escala dinámica (Dynamic Downscaling).....	66
2.2.17. Método de vector regional	66
2.2.18. Producto grillada PISCO.....	68
2.2.18.1. Precipitación PISCOp V2.1	70
2.2.18.2. Temperatura PISCOt V1.1	71
2.2.19. Metodos de interpolacion de datos para una region en estudio.....	71
2.2.19.1. IDW.....	72
2.2.19.2. Kriging	72
2.2.19.3. Natural neighbour	72
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	73
2.3.1. Oferta hídrica	73
2.3.2. Cuenca.....	73
2.3.3. Clima.....	73
2.3.4. Cambio climático	73
2.3.5. Precipitación.....	74



2.3.6. Temperatura	74
2.3.7. Caudal de escorrentía	74
2.3.8. Escenarios de cambio climático	74
2.3.9. Simulación hidrológica	74

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.....	75
3.1.1. Ubicación Política	75
3.1.2. Ubicación Hidrográfica	75
3.1.3. Ubicación geográfica	75
3.1.4. Vías de comunicación y accesibilidad	76
3.2. NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	77
3.3. POBLACION Y MUESTRA.....	77
3.3.1. Población.....	77
3.3.2. Muestra.....	77
3.4. MATERIALES.....	78
3.4.1. Información meteorológica	78
3.4.2. Información hidrométrica.....	78
3.4.3. Información meteorológica futura.....	78
3.4.4. Información cartográfica	79
3.4.5. Softwares y equipos	79
3.5. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO.....	80
3.5.1. Calibración del modelo hidrológico GR2M en la cuenca del río Zapatilla.....	81



3.5.1.1. Determinación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Zapatilla.	81
3.5.1.2. Análisis de consistencia de los datos hidrometeorológicos.	82
3.5.1.3. Determinación de la evapotranspiración media	84
3.5.1.4. Determinación de la precipitación media.....	85
3.5.1.5. Calibración de modelo hidrológico GR2M.....	85
3.5.2. Estimación de la oferta hídrica superficial para el escenario climático SSP5 8.5 proyectando al año 2023 - 2050 y 2051 – 2100.....	88
3.5.2.1. Descarga de modelos climáticos globales (GCMs)	88
3.5.2.2. Reducción de escala espacial y corrección de sesgo.....	88
3.5.2.3. Selección del GCMs.....	89
3.5.2.4. Generación de la evapotranspiración futura.....	90
3.5.2.5. Estimación de descargas mensuales futuras para el periodo 2023 – 2050 y 2051 – 2100.....	91
3.5.2.6. Efecto del cambio climático y análisis de variación de la oferta hídrica superficial en la cuenca del río Zapatilla.	91

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDROLOGICO GR2M.....	92
4.1.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Zapatilla	92
4.1.2. Análisis de consistencia de la información pluviométrica	92
4.1.3. Análisis de consistencia de los datos de temperatura media.....	94
4.1.4. Análisis de consistencia de la información hidrométrica.....	98
4.1.4.1. Análisis visual	98
4.1.4.2. Análisis estadístico.....	99



4.1.5. Calibración	101
4.2. OFERTA HIDRICA SUPERFICIAL PARA EL ESCENARIO CLIMATICO SSP5 8.5 PROYECTADO AL AÑO 2023 – 2050 Y 2051 – 2100.	104
4.2.1. Extracción de la información futura de precipitación y temperatura	104
4.2.2. Reducción de escala y corrección de sesgo.....	106
4.2.3. Elección del mejor modelo climático global para la proyección de caudales	109
4.2.3.1. Ajustes de la temperatura media de los GCMs.....	109
4.2.3.2. Ajuste de la precipitación de los GCMs.....	112
4.2.4. Caudales mensuales proyectados para el horizonte 2023 – 2050 y 2051 – 2100.....	113
4.2.4.1. Variación de la oferta hídrica anual bajo el escenario climático SSP5 8.5	114
4.2.4.2. Variación de la oferta hídrica mensual bajo es escenario climático SSP5 8.5	115
4.3. DISCUSIONES.....	117
V. CONCLUSIONES.....	119
VI. RECOMENDACIONES	120
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	121
ANEXOS.....	130

Área: Ingeniería y tecnología

Línea: Recursos Hídricos

Fecha de sustentación: 30 de mayo de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Escala del coeficiente de determinación. R^2 46
Tabla 2	Niveles de ajuste estadístico (PBIAS). 47
Tabla 3	Valores referenciales del coeficiente de Nash-Sutcliffe. 48
Tabla 4	Vías de comunicación y accesibilidad al área en estudio. 76
Tabla 5	Estaciones meteorológicas influyentes en la cuenca del río Zapatilla. 82
Tabla 6	Ubicación de la estación hidrométrica puente Zapatilla. 84
Tabla 7	Indicadores estadísticos de las series con respecto al vector 92
Tabla 8	Indicadores estadísticos de las series con respecto al vector. 96
Tabla 9	Prueba t de Student para los caudales medios anuales. 100
Tabla 10	Prueba de regresión lineal para los caudales medios anuales. 100
Tabla 11	Parámetros calibrados del modelo GR2M. 102
Tabla 12	Pruebas de bondad de ajuste 103
Tabla 13	Lista de modelos climáticos globales (GCMs) 105
Tabla 14	Ajuste estadístico de la temperatura media de los 8 GCMs..... 110
Tabla 15	Ajuste estadístico de la precipitación de los 8 GCMs..... 113
Tabla 16	Variación del promedio multianual de caudales del GCM MRI-ESM2-0 115
Tabla 17	Caudales medios multimensuales históricos y futuros 115
Tabla 18	Variación del promedio mensual de caudales del GCM MRI-ESM2-0 117



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema del ciclo hidrológico del agua	35
Figura 2 Clasificación de los modelos hidrológicos según su representación espacial.	38
Figura 3 Esquema del modelo GR2M.....	41
Figura 4 Componentes del sistema climático.....	49
Figura 5 Cambio observado en el sistema climático global.....	51
Figura 6 Cambio proyectado de la temperatura global promedio y precipitación	52
Figura 7 Características de los cuatro grupos evolutivos y familia de escenarios	53
Figura 8 Ilustración de los SSP en cinco categorías.....	54
Figura 9 Proyecciones climáticas en el Perú hacia el año 2050.....	56
Figura 10 Representación de un Modelo Climático Global.....	59
Figura 11 Matriz escenarios que combinan los niveles de SSP	61
Figura 12 Trayectorias socioeconómicas y GEI al año 2100.....	62
Figura 13 Rango de temperatura para SSP.....	63
Figura 14 Esquema ilustrativo de las metodologías de reducción dinámica y estadística	64
Figura 15 Técnicas de regionalización o reducción de escala.....	65
Figura 16 Esquema general de desarrollo del producto PISCOp V2,1	69
Figura 17 Clasificación de la base de datos del producto de precipitación PISCO V2.1	70
Figura 18 Ubicación de la cuenca del río Zapatilla.....	76
Figura 19 Esquema de la metodología de investigación.....	80
Figura 20 Delimitación de la cuenca del río Zapatilla	81



Figura 21	Reducción y corrección de los GCMs en el software RStudio	89
Figura 22	Índices anuales del vector y de las estaciones	93
Figura 23	Índices acumulados del vector y de las estaciones	94
Figura 24	Diagramas de cajas y bigotes	94
Figura 25	Índices anuales del vector y de las estaciones	97
Figura 26	Acumulación de los índices anuales del vector y de las estaciones.....	97
Figura 27	Histogramas de caudales a nivel mensual y anual	98
Figura 28	Reporte del Trend de la prueba paramétrica t Student´s.....	99
Figura 29	Análisis de tendencia de los caudales medios anuales.....	100
Figura 30	Criterios de la modelación hidrológica GR2M	102
Figura 31	Análisis de tendencia de los caudales medios anuales.....	104
Figura 32	Plataforma del Climate Explore.....	105
Figura 33	Ajuste probabilístico de los datos pluviométricos GCM EC-Earth3	107
Figura 34	Ajuste probabilístico de los datos de temperatura media del GCM CESM2	108
Figura 35	Comportamiento temporal de la temperatura media futura del CESM2 ...	111
Figura 36	Histograma de la temperatura media futura del GCM CESM2.....	112
Figura 37	Caudales medios mensuales simulados bajo el escenario climático SSP5 8.5	114



INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Información hidrometeorológica histórica	131
ANEXO 2 Información meteorológica corregida y completada	135
ANEXO 3 Evapotranspiración de referencia	138
ANEXO 4 Datos usados para la calibración del modelo hidrológico GR2M.....	141
ANEXO 5 Datos climáticos futuros de los GCMs bajo el escenario SSP5 8.5	144
ANEXO 6 Datos climáticos futuros para la generación de la oferta hídrica.....	160
ANEXO 7 Estimación de caudales futuros	164
ANEXO 8 Script para lectura, descarga y extracción de información data PISCO..	166
ANEXO 9 Código Script para obtener la reducción de escala y corrección de sesgo	167
ANEXO 10 Información descargada de precipitación del producto grillado PISCO.	170
ANEXO 11 Matriz de consistencia	173
ANEXO 12 Principales tributos de la cuenca del rio Zapatilla.....	174
ANEXO 13 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	176
ANEXO 14 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional....	177



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANA:	Autoridad Nacional del Agua
CMIP6:	Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 6
CEMAGREF:	Centro de Investigación Agrícola e Ingeniería Ambiental de Francia
CHIRPS:	Climate Hazards InfraRed precipitation with station data
DEM:	Modelo de Elevación Digital
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
GCMs:	Modelos Climáticos Globales
GR2M:	Modelo de ingeniería rural de 2 parámetros a paso mensual
IDW:	Ponderación de Distancia Inversa
IPCC:	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
KGC:	Kling-Gupta Efficiency
KED:	Kriging con Deriva Externa
MINAN:	Ministerio del Ambiente
MVR:	Método de Vector Regional
M3/s:	Metros cúbicos por segundo
PISCO:	Datos Peruanos interpolados de las observaciones climatológicas e hidrológicas del SENAMI
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SSP:	Escenarios Socioeconómicos Compartidos
MRC:	Modelos Climáticos Regionales
UTM:	Sistema de coordenadas universal transversal,



RESUMEN

La presente investigación se efectuó porque existe la ausencia de conocimiento sobre las consecuencias del cambio climático en la oferta hídrica de la cuenca del río Zapatilla, por ende, se ha planteado el objetivo general de evaluar la variación de la oferta hídrica superficial por efectos del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla. El proceso metodológico consistió en calibrar el modelo hidrológico agregado GR2M desde el 2007 al 2022; posteriormente se determinó la oferta hídrica para el periodo 2023 al año 2050 y el periodo 2051 - 2100 a partir de los datos de precipitación y temperatura media del escenario climático SSP5 8.5, donde existe un aumento sin control de los gases de efecto invernadero. Los resultados de la calibración presentan valores de ajuste muy buenos, así mismo la oferta hídrica bajo la condición del cambio climático SSP5 8.5 al año 2050 se incrementaran hasta en un 8.55 %, donde el caudal promedio anual será $1.27\text{m}^3/\text{s}$; lo mismo ocurre para el año 2100 se aumenta en un 52.14% y el caudal promedio anual el cual será de $1.78\text{m}^3/\text{s}$. Concluyendo que la oferta hídrica por efectos del cambio climático en la cuenca del río zapatilla presenta una tendencia de crecimiento; ante ello se requiere la gestión del recurso hídrico en el sistema hidrológico, para enfrentar los eventos extremos provocados por el cambio climático, por parte de las autoridades que administran el agua.

Palabras clave: Cambio climático, cuenca, escenario futuro, oferta hídrica, río zapatilla.



ABSTRACT

This research was carried out because there is a lack of knowledge about the consequences of climate change on the water supply of the Zapatilla River basin, therefore, the general objective of evaluating the variation in water supply due to the effects of climate change has been set. in the Zapatilla River basin. The methodological process consisted of calibrating the GR2M aggregate hydrological model from 2007 to 2022; Subsequently, the water supply was determined for the period 2023 to 2050 and the period 2051 - 2100 based on the precipitation and average temperature data of the SSP5 8.5 climate scenario, where there is an uncontrolled increase in greenhouse gases. The calibration results present very good adjustment values, likewise the water supply under the condition of climate change SSP5 8.5 by 2050 will increase by up to 8.55%, where the average annual flow will be $1.27\text{m}^3/\text{s}$; The same occurs for the year 2100, it will increase by 52.14% and the average annual flow will be $1.78\text{m}^3/\text{s}$. Concluding that the water supply due to the effects of climate change in the Zapatilla River basin presents a growth trend; Given this, the management of water resources in the hydrological system is required, to face extreme events caused by climate change, by the authorities that manage water.

Keywords: Climate change, basin, future scenario, water supply, Zapatilla River.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La desaparición de los glaciares, las variaciones de las precipitaciones y las anomalías de La Niña y/o El Niño se hacen más patentes con el cambio climático, lo que hace más vulnerables los suministros de agua (Medina, 2021). En consecuencia, la comunidad científica se ha esforzado por describir estos cambios y prever posibles escenarios futuros desde inicios del siglo (Laura, 2019).

El IPCC es el responsable de evaluar el cambio climático. Publica periódicamente informes de evaluación (IE) con sus conclusiones. Desde su fundación, se han publicado cinco informes (AR4, AR5, FAR, SAR, TAR,) (IPCC, 2013). El desarrollo de modelos climáticos globales se ha basado en vías de concentración representativas (RCP6.0, 8.5, 2.6, y 4.5,) para el clima futuro. Estas vías o trayectorias simulan escenarios potenciales de concentraciones de GEI a lo largo del tiempo y se distinguen por la envergadura que conseguiría el forzamiento radiativo a finales del siglo XXI (Bruno J. , 2023).

La cuenca del río Zapatilla es un ejemplo de cómo el cambio climático afecta a las cuencas de abastecimiento de agua, por lo que la investigación sobre estos efectos es crucial para la planeación del consumo hídrico. Además, la Agrupación Mundial para el Agua (GWP) igualmente está tomando en consideración una amplia gama de modelos para aplicar la gestión integrada del agua (Hormazábal, y otros, 2023). Ante ello es fundamental realizar evaluaciones de los posibles cambios que se ocasionen de las aportaciones hídricas en las cuencas de nuestro territorio nacional, en vista que las lluvias no comienzan en las fechas pronosticadas originalmente, puesto que en algunas regiones se manifiestan en exceso las precipitaciones, mientras tanto en otras no se tuvo la presencia de lluvias, y hace que ocasione presencia de sequías extendidos. Por esta razón



es necesario los estudios en las cuencas de nuestro altiplano y en particular en la cuenca del río Zapatilla, ya que en esta cuenca el ecosistema relacionado a ella, podrían estar perjudicados ante los cambios climáticos. Es por ello que el objetivo de este proyecto de investigación es “Evaluar la variación de la oferta hídrica superficial por efectos del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla” para obtener el objetivo se empleó el modelo hidrológico GR2M, que es extensamente reconocido en estudios hidrológicos debido a la capacidad de simular el desarrollo hidrológico y generar estimaciones verídicas de los caudales (Cabrera, 2013)

Para este estudio se utilizó el modelo hidrológico GR2M "Modelo de Ingeniería Rural de dos parámetros a paso Mensual". Desarrollado por el CEMAGREF (Centro de Investigación Agrícola e Ingeniería Ambiental Francia). Este modelo requiere datos históricos de precipitación, temperatura y evapotranspiración, para ello se trabajó con el conjunto de datos meteorológicos de alta resolución PISCO valieron para la simulación del comportamiento hidrológico histórico de la cuenca del río Zapatilla, y para evaluar la oferta hídrica futura se trabajó en base a los proyectos científicos recientes CMIP6, que nos facilitan una colección importante de modelos climáticos globales (GCMs) entre ellos incluyen variables de precipitación y temperatura, datos que son importantes para lograr nuestro objetivo del estudio y entender la variación de los cambios hidrológicos e impactos de la oferta hídrica en la cuenca. Para ello el escenario climático evaluado fue el modelo SSP5 8.5, este escenario es señalado el futuro se encarga del desarrollo basado en combustibles fósiles, para el 2050 las emisiones de CO₂ se duplican y no hay políticas para mitigar el cambio climático, es así que los intereses ambientales se empañan. (AEMET & OECC, 2021)



Por ello en este estudio se planteó como título: Variación de la oferta hídrica superficial por efectos del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla del departamento de Puno. Y por medio de los análisis y resultados adquiridos en esta investigación se muestra información actualizada de las probables variaciones en la oferta hídrica superficial de la cuenca del río Zapatilla.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global se ha venido mostrando preocupación por los problemas relacionados con la oferta hídrica y abastecimiento, la cual es clave para mantener el estilo de vida en la zona rural-urbana, equilibrio de ecosistemas y el medio ambiente. La humanidad lleva décadas bebiendo agua a un ritmo cada vez más elevado, lo que ha provocado hambruna, enfermedades, migraciones e incluso conflictos en determinadas zonas (WWAP, 2019). Las previsiones de la ONU precisan que para 2030 la demanda mundial superará los suministros naturales en un 40 %, suponiendo que no se tomen medidas y que se produzca un número de muertes de más de 800 000 personas al año por el consumo de agua en pésimas condiciones (FLOWEN, 2020). Por otro lado, como consecuencia del aumento de la evapotranspiración, se ha alterado la concentración de vapor de agua atmosférico, cambiando así las tendencias de precipitaciones a gran magnitud y la incidencia de los eventos intensos (Laura, 2019).

Actualmente, el acelerado incremento de la población que se está produciendo en el Perú contribuye directamente a la contaminación de los recursos naturales de aguas, así como a la distribución espacial desigual del recurso hídrico y a los prolongados periodos de estiaje, lo que hace necesario desarrollar propuestas innovadoras como opciones de abastecimiento de agua (Fernandez, 2011).



Actualmente en la cuenca del río Zapatilla de la región Puno presenta un patrón de aumento de temperatura todo ello por el cambio climático (ANA, 2009), cuyas consecuencias alterarían de forma directa la oferta hídrica, repercutiendo esta problemática hacia varias comunidades de la cuenca que dependen de este recurso hídrico para su sustento económicos y su desarrollo social, la cuenca del río Zapatilla tiene un área aproximada de 391.024 Km². El cambio climático genera preocupaciones en la población, ya que podría sufrir alteraciones en los patrones de precipitación y la disponibilidad del recurso hídrico se vería afectado en el futuro, provocando eventos extraordinarios así como sucedió en el año 1992 desborde provocado por las intensas precipitaciones y en febrero del año 2022 INDECI emite un aviso hidrológico N° 187-2022-COEN, alertando de umbral rojo que alcanzo 22.14 m³/s, en épocas de estiaje la cuenca del río Zapatilla sufre disminución del caudal originando escases del agua para las actividades pecuarias y agrícolas; ante ello surgen las siguientes interrogantes:

1.1.1. Problema general

¿Cuánto es la variación de la oferta hídrica superficial por efectos del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los análisis y resultados de calibración del modelo hidrológico GR2M en la cuenca del río Zapatilla?
- ¿Cuánto es la oferta hídrica superficial bajo el escenario climático SSP5 8.5 proyectado al año 2023 - 2050 y 2051 - 2100?



1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis Alternativa

La oferta hídrica es superior bajo las condiciones del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla

1.2.2. Hipótesis nula

La oferta hídrica no es superior bajo las condiciones del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla

1.3. JUSTIFICACIÓN

Dado que la cuenca del río Zapatilla aún no ha sido objeto de investigaciones hidrológicas en la evaluación de la oferta hídrica, teniendo en cuenta que en la actualidad el impacto del cambio climático está teniendo variaciones en la temperatura y la precipitación, es esencial para evaluar futuros potenciales, ya que se está afectando de forma directa al comportamiento histórico en los caudales de los ríos, como consecuencia de estos eventos se evidencia la afectación en la actividad agrícola y ganadera en la cuenca del río Zapatilla, de modo que pone en riesgo la productividad y sustentabilidad de las actividades conexas con la economía que son dependientes del agua. En las épocas de avenidas, la población que vive en la parte baja de la cuenca muchas veces se encuentra en incertidumbre por las posibles inundaciones que puedan ocurrir. Así pues, la necesidad de determinar la disponibilidad de agua en situaciones presentes y futuras afectadas por el cambio climático justifica este esfuerzo. Es especialmente significativo porque los modelos climáticos globales del CMIP6, se utilizan para evaluar y realizar un análisis exhaustivo de cómo está afectando el cambio climático en el uso hídrico de la cuenca investigada. Además, el mundo experimenta cambios anuales en el clima, que tienen



diversos efectos en el ciclo hidrológico. Dado que los GEI son a consecuencia de la modificación de las condiciones climáticas en porcentajes variables a lo largo del tiempo, las organizaciones científicas han tomado medidas para conocer los efectos del cambio climático aplicando modelos climáticos basados en datos históricos para crear escenarios futuros y comprender mejor los riesgos que podrían derivarse de tales efectos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la variación de la oferta hídrica superficial por efectos del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar la calibración del modelo hidrológico agregado GR2M para la determinación de los caudales en la cuenca del río Zapatilla.
- Analizar la variación de la oferta hídrica superficial en la cuenca del río Zapatilla bajo el escenario climático SSP5 8.5 proyectado al año (2023 - 2050) y (2051 – 2100).



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

Hormazábal, y otros (2023), presentaron su estudio con el objetivo de estimar la variación del caudal Huillinco en la cuenca de la comuna de Chonchi. Se realizó una simulación hidrológica del microclima a lo largo del período 1981 al 2100 utilizando el WEAP, bajo el cambio climático SSP5-8.5. El dato de ingreso para calcular el caudal modelado proviene de entrada de datos, incluyendo datos cercanos de reanálisis e in situ, además de datos de ingreso de consumo, como cultivos y habitantes. A partir de los datos in situ, se crearon series temporales de temperatura y precipitación. These series served as the foundation for a sesgo correction for ERA5-Land (historical, 1981-2020) and the promedio bayesian of models (futuro, 2021-2100). En resumen, el caudal presenta una tendencia de $\approx -13,5$ L/s por 10 años. Con una desviación de $\approx 1,2$ de la serie media en la época 1981-1990 y de 1,5 para 2091-2100. Se espera mejorar los resultados mediante la calibración con mediciones caudales in situ.

Medina (2021), realizó el estudio con el fin de estimar cómo fluctuaría el suministro de agua del embalse en los distintos escenarios climáticos esbozados en el 5to informe del (IPCC) para los años 2022 a 2090. La microcuenca de Milluni fue la única región de investigación, con el embalse de Milluni Grande como desagüe. Se utilizaron conjuntos de datos de precipitación y temperatura (GMET) para ejecutar la modelización hidrológica utilizando la herramienta



(WEAP). Se utilizó el Modelo Noruego del Sistema Terrestre 1 (NorESM1-M) para integrar los escenarios climáticos y el método no paramétrico del vecino más próximo (knn-bootstrap) para disminuir la escala de datos. Para el periodo de investigación y la región, se encontraron las sucesivas tendencias: un aumento general de la temperatura, un incremento de las precipitaciones en la estación seca y una reducción de las precipitaciones en la estación húmeda, lo que podría dar lugar a condiciones de sequía. Por el contrario, el volumen del embalse de Milluni Grande tiende a disminuir mientras que su caudal varía en relación directa con las precipitaciones. Comparativamente, puede haber una cobertura insuficiente de las necesidades de las zonas de demanda, siendo los rangos mínimos del sistema de distribución Achachicala del 45% y del sistema Meseta del 27%. En el escenario sombrío RCP 8.5, se destacan todos lo resultante.

Mellado (2019), utilizó datos históricos de dos estaciones fluviométricas de la cuenca del río Duqueco correspondientes a 1986 a 2016 para simular, calibrar y verificar el modelo SWAT con el fin de determinar la disponibilidad hídrica. Además, expuso el uso de la tierra en el futuro utilizando el modelo IDRISI, teniendo en cuenta las modificaciones que se produjeron entre 1994 y 2015. Las conclusiones muestran que la presencia de tierras agrícolas y plantaciones forestales tiene un gran impacto en la expansión de los bosques en la región estudiada, pero el predominio de los bosques autóctonos y la pendiente del terreno restringen la expansión forestal. Del mismo modo, el modelo hidrológico SWAT estimó que el cambio de uso del suelo por sí solo resultará en una disminución del 3,3% del caudal medio mensual; las reducciones máximas de caudal alcanzarán el 10% en los arroyos Cholguahue y Quillaco; las máximas



reducciones de caudal se producirán en verano y otoño (6,3% y 5,7%, respectivamente).

López & Manzano (2017), modelaron los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 utilizando el software WEAP como parte de su enfoque para evaluar las implicaciones sobre los recursos hídricos en el Valle de Galeana, de 2015 a 2030. Adicionalmente, se desarrollaron dos escenarios: en el primero, se disminuye el consumo hídrico en la agricultura a través de una modificación gradual de los sistemas de riego; en el 2do, se implementa un plan hidrológico integral a través de iniciativas de reforestación y restauración de suelos para incrementar el potencial de permeabilidad en la zona de recarga. Siendo resultante que el estado del acuífero es crítico tanto bajo el consumo actual del agua como bajo escenarios climáticos. En 2015, el acuífero se vería gravemente afectado en ambos escenarios, con una recarga mínima del 0,96 y del 1,5% de su potencial durante en los meses típicamente lluviosos de agosto a septiembre. Fundamento el escenario de ajuste a los ajustes en los sistemas de riego, se prevé una modesta restauración para 2023, con una recarga máxima de 3,11 Mm³ durante la estación lluviosa. Del mismo modo, los resultados del plan. Los resultados del plan hidrológico integrado muestran una capacidad de restauración de 28 Mm³, es decir, una capacidad máxima del 18,75% de su almacenamiento, aunque no siempre mantienen una recarga positiva y constante. Sin embargo, el volumen desciende en diciembre, lo que hace difícil depender de los hábitos de alto consumo de agua de las poblaciones locales de la zona para el crecimiento agrícola..



2.1.2. Nacionales

Espinoza (2023), efectuó su investigación con el objetivo de evaluar el efecto climático en la disponibilidad hídrica del río Llanganuco. Los caudales fueron modelados utilizando los modelos GR4J y GSM. Estos modelos fueron calibrados y verificados entre los años 2004 y 2019, arrojando variables de bondad de ajuste de la hidrología de la zona. Como resultado, se considera que el modelo presenta un rendimiento diario. Se evaluaron los posibles impactos climáticos sobre la oferta de agua en la subcuenca Llanganuco utilizando dos escenarios (RCP4.5 y RCP8.5). La investigación se efectuó en 2 periodos de tiempo para estimar el impacto del clima: la era histórica, que abarcó de enero de 2004 a diciembre de 2019, el periodo futuro próximo, que abarcó de enero 2020 a diciembre 2050, y el periodo futuro lejano, que abarcó de enero 2051 a diciembre 2100. Los resultados indican que se producirán variaciones notables en la temperatura, las precipitaciones y la oferta de agua de la cuenca, con un aumento estable en el periodo húmedo (2020-2050) RCP4.5 de 47.27% y RCP8.5 de 49.27% en el futuro próximo para el periodo (2051-2100) se alcanzara un aumento elevado RCP4.5 de 78.94% y en RCP8.5 de 89.14% en un lejano futuro.

Rodas (2022), realizó el estudio con el objetivo de evaluar la incidencia del cambio climático en la oferta hídrica futura de la cuenca del río Caplina. Las evaluaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos en el Cambio Climático (IPCC) indican que, a medida que las consecuencias del cambio climático empeoren con el tiempo, se prevé que los suministros de agua en América Latina se vean más perjudicados. La inadecuada distribución de la población peruana en las urbes de la costa y el desigual suministro del agua, como en Tacna, donde el



gobierno ha declarado agotados desde hace años los recursos superficiales del río Caplina, Locumba y Sama, que abastecen a la principal población de la ciudad, hacen que el país sea aún más vulnerable en este sentido. Por ello se estimó cómo variará el caudal superficial del río Caplina en el futuro. planteándose un enfoque que incluía primordialmente 3 pasos: 1. estudio climático; 2. modelización hidrológica; y 3. análisis de la varianza futura de los caudales. En el procedimiento inicial se utilizaron modelos climáticos globales (MCG), que tuvieron en cuenta 2 escenarios de emisiones: RCP8.5. y RCP4.5 Se evaluaron un total de 32 modelos para ambos escenarios y se seleccionaron los 14 más idóneos en la cuenca del Caplina. La segunda fase incluyó la creación de un modelo hidrológico de escalón mensual efectivo (GR2M), para el que se utilizó un valor de Nash-Sutcliffe de 0,6261 para calibrar el modelo. Por último, el modelo hidrológico calibrado se utilizó para extraer los caudales futuros utilizando las variables climáticas que habían proporcionado los MCG. Siendo resultante que presentan fluctuaciones trascendentales en la disponibilidad de agua: de febrero a agosto, se produce una disminución de la oferta de agua de hasta el 39,9% (RCP4.5) y de hasta el 41,4% (RCP8.5); de septiembre a enero, se produce un aumento de la oferta de agua de hasta el 92,5% (RCP4.5) y de hasta el 78,2% (RCP8.5). Sin embargo, el caudal medio anual disminuye. En concreto, disminuye un 5,4% (RCP4,5) y un 4,7% (RCP8,5) para un futuro próximo (2020a2040), un 6,4% (RCP4,5) y un 7,7% (RCP8,5) para un futuro medio (2041a2070), y un 7,7% (RCP4,5) y un 2,0% (RCP8,5) para un lejano futuro (2071a2100).

Huamani (2022), realizó el estudio con el objetivo de estimar la incidencia del cambio climático para la oferta hídrica del río Ica. El enfoque de la humedad - suelo utiliza para ello el modelo hidrológico "WEAP". Para la validación y



calibración se añadieron informaciones climáticas y características del uso del suelo, lo que permitió obtener el mejor ajuste posible entre caudales modelados y los observados de la estación hidrológica. Se utilizó información de los modelos CORDEX regionalizados (HaddGem2-SS - REMMO y MPII-ESM-LR - REMMO) y de los modelos globales CMIP5 (HadGeem2-AO, MPII-ESM-MR) para analizar el comportamiento de la temperatura y precipitación futuras bajo los supuestos de mínimas emisiones (RCP 2.6) y elevadas emisiones (RCP 8.5). Se utilizó la técnica de interpolación bilineal para interpolar estos datos a una malla regular de $0,2^{\circ} \times 0,2^{\circ}$ (PISCO v2.1 resolución). A continuación, se utilizó el método Scaling para compensar el sesgo. En base al periodo histórico 1981-2000, se calcularon los cambios para los 8 escenarios hidrológicos esperados en la estación Achirana para las décadas 2021 a 2040 y 2041 a 2060, con la finalidad de examinar el impacto climático en la oferta hídrica de la cuenca. Lo resultante demuestra que, para todos los escenarios y periodos de tiempo examinados, el cambio climático afecta la oferta hídrica en el río Ica-Alto Pampas al causar una disminución en los caudales.

Leon & Portuguez (2019), presentaron su estudio con el fin de analizar el impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua superficial del río Piura. Verificaron y calibraron el modelo SWAT durante el periodo de 23 años (1986a2008) empleando caudales mensuales de un emplazamiento y datos climáticos diarios de seis emplazamientos. Además, generaron datos climáticos de HADGEEM2-ES y CSII-RO-Mk3-6-0 para los escenarios RCP4.5 y 8.5 utilizando el modelo climático global (MCG) de la Fase 5 del (CMIP5). Utilizando el generador climático MarkSim, se ajustaron y reescalaron los futuros datos sesgados (2025-2054) a partir de los datos climáticos del periodo de referencia.



En comparación con el marco temporal real, los escenarios climáticos prevén un incremento medio de la temperatura de $+2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un incremento de las precipitaciones del 39,3%. De forma similar, la evapotranspiración futura tiende a la baja en general, con un mínimo incremento hacia el margen noroeste de la cuenca. En concreto, la directriz de escurrimiento media mensual de los 4 escenarios hasta 2050 indica un aumento del $+71,8\%$, o alrededor de $55,9\text{ m}^3/\text{s}$, entre octubre a abril, siendo noviembre el que registra el mayor incremento. Por el contrario, de mayo a septiembre, se produce un descenso del $-66,1\%$, o alrededor de $12\text{ m}^3/\text{s}$, siendo julio el mes que presenta el mayor descenso.

2.1.3. Locales

Mamani (2023), realizó la investigación con el objetivo de analizar la disponibilidad hídrica bajo las condiciones climáticas para escoger una tecnología de mejora hídrica en la microcuenca Huenque – Ilave, 2021. La técnica de la humedad de suelo se empleó para estimar la disponibilidad de agua empleando datos climáticos; y también datos de uso de suelo; para posteriormente aplicar dos escenarios de cambio climático “RCP”, (escenario estable “RCP4.5” y escenario con un grado creciente de GEI “RCP8.5”) proyectado al año 2030 con el software WEAP; y consecutivamente realizar la tecnología para la adaptación hídrica en la microcuenca Huenque. La disponibilidad hídrica actual al año 2021, es de 420211.66 MilMC , además una disponibilidad hídrica bajo las condiciones del cambio climático “RCP4.5” es de 969379.42 MilMC y “RCP8.5” es de 1285158.73 MilMC ; además con respecto a la tecnología para la adaptación hídrica se optó por las zanjas de infiltración; la cual estará a separaciones de 2m, distanciamiento de 13m; con un ancho de 0.5m, con profundidad de 0.40m y un



largo de 5m cada zanja; con superficie de captación de $12.50m^2$, volumen de aportación a la zona de impluvio de $1.19m^2$, además con volumen de captura de agua para cada zanja de $1.00m^2$; infiltrando el agua en un tiempo de $0.2m^3$ /hora. Concluyendo que la disponibilidad hídrica en el escenario climático RCP4.5 a RCP8.5, será superior a la disponibilidad hídrica actual.

Pilares, Montalvo et al. (2018), en su investigación cuyo objetivo fue evaluar la disponibilidad hídrica del río Cabanillas estableciendo un modelo, que forma parte del lago Titicaca, bajo varios escenarios regionalizados de cambio climático. Para aplicar su metodología, analizaron la disponibilidad de agua controlada del río Cabanillas para el sistema integrado Lagunillas utilizando el WEAP, un instrumento de modelización hidrológica. Tuvieron en cuenta la incidencia del clima sobre el sistema de almacenamiento y la solicitud de agua en escenarios presentes y futuros. A partir de escenarios climáticos regionalizados, utilizaron tres modelos globales: CANEESM2, MPII-ESM-MR y CNRRM-CM5. También emplearon dos escenarios de emisiones: el primero fue el escenario RCP 8,5 (pesimista) y el escenario RCP 4,5 (medio). Después, construyeron el modelo tomando como base el escenario futuro de 2099. Según sus conclusiones, el cambio del clima tiene un efecto favorable sobre el suministro de agua, como se desprende de los escenarios que enfatizan CANESM2-RCP4.5 y CANESM2-RCP8.5, que sugieren incrementos en la disponibilidad hídrica en 15% al 20%. Sin embargo, los datos indican que sólo se cubre el 80% de las necesidades.

Santos (2016), en la investigación que lleva por título “Oferta hídrica superficial del río Coata – Puno bajo escenarios de cambio climático”, se planteó como objetivo determinar la oferta hídrica superficial del río Coata para los futuros escenarios del cambio climático en un horizonte 2050 a 2075, se determinó el efecto



del cambio climático con el modelo hidrológico a paso mensual (GR2M) en una trayectoria de concentración representativa RCP8.5, fue calibrado y validado consiguiendo valores Nash de 0.84 y 0.64 el cual representa un buen rendimiento del modelo. Los resultados señalan que la oferta hídrica anual presentaría un aumento de 6.3%; y en nivel mensual el mayor incremento se presentó en el mes de marzo con 19.2 % y la menor disminución en el mes de noviembre con -27.4%, concluye que los impactos del cambio climático en la oferta hídrica superficial de la cuenca del río Coata, es variable según el MCG.

Linares (2020), efectuó su investigación en el río Lampa en Puno, como objetivo lleva; “determinar los efectos del cambio climático en el régimen hidrológico de los caudales de la cuenca del río Lampa en el periodo futuro de 2073 - 2099”, donde utilizó información del Modelo Climático Global MIROC5 del producto NEX – GDDP de la NASA en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 del CMIP5, realizó el modelado hidrológico en GR2M para generar caudales futuros, y de esa manera determinó las variaciones de los caudales de la cuenca, finalmente obtuvo resultados que evidencian incrementos en los caudales del régimen hidrológico en la cuenca del río Lampa, de $\Delta Q = 24.7 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de marzo en RCP4.5 y $\Delta Q = 94.1 \text{ m}^3/\text{s}$ con RCP8.5, concluye que hay incrementos en la variabilidad del régimen hidrológico de la cuenca.

Laura (2019), en la investigación con el objetivo conocer el efecto del cambio climático en la oferta hídrica del río Ilave; Tras calibrar y verificar el modelo con su técnica, el modelo arrojó unos valores de 0,86 y 0,82 Nash-Sutcliffe. examinó la eficacia con que 21 MCG de la información NEEEX-GDDP - NASA reproducían los datos de temperatura y precipitación de 1981 a 2005 para proyectar el clima futuro. Los mejores resultados se obtuvieron utilizando el



análisis gráfico y el modelo CESM1-BGC mediante los estadísticos coeficiente de estimación (R^2) y error cuadrático medio (RMSE). Se desarrollaron ocupaciones de transferencia mensuales para cada estación con el fin de rectificar los errores sistemáticos del CESM1-BGC. Se predijeron las trayectorias de concentración RCP4.5 y 8.5 para los años 2020 a 2050 (futuro próximo) y 2070 a 2100 (futuro lejano). El suministro anual de agua disminuiría con respecto al pasado histórico entre un -3% y un -24%, con la anomalía del futuro lejano previsto por el RCP 8.5, en el que se produciría un aumento del 58%. Mensualmente, las elevadas variaciones se observarían en febrero (-8%), marzo (22%), abril (31%) y noviembre (17%). Estacionalmente, el otoño registró una subida del 82%, mientras que el invierno experimentó un descenso del 2%. Además, en los hidrogramas mensuales puede observarse un cambio en los caudales máximos registrados de febrero a marzo. Aunque aún se desconoce el panorama a largo plazo, cabe prever un descenso de los caudales en un futuro próximo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Hidrología

Según Puelles (2015) la hidrología es la ciencia fundamental que estudia un recurso muy esencial como el agua y es básica para poder tener un aprovechamiento correcto sobre los recursos hidráulicos. La hidrología en la ingeniería es muy aplicada, pues tiene como objetivo recoger datos, para su análisis y procesamiento posterior, por instrumentos matemáticos o estadísticos con la finalidad de obtener la solución a los problemas de ingeniería, como el pronóstico de avenidas y sequías del agua. Balairón (2009) la hidrología es basado



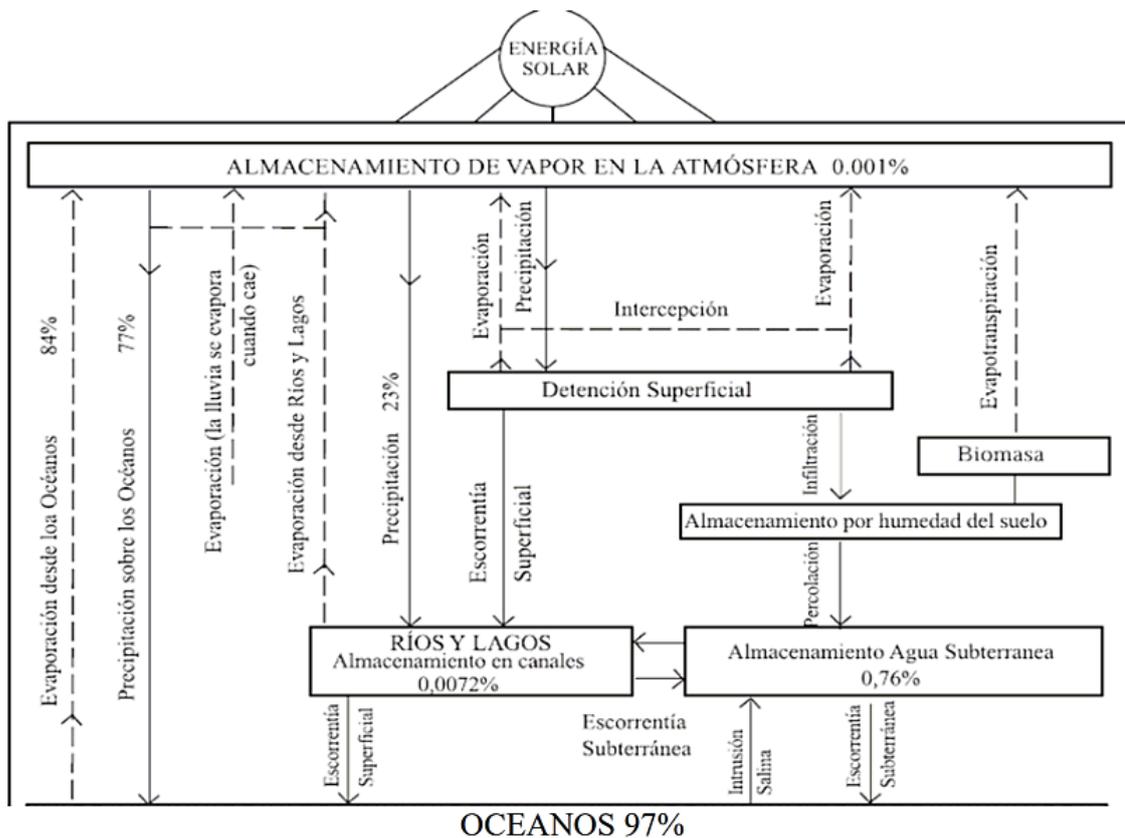
mediante el estudio del ciclo hidrológico, que se resume en el proceso de evaporación de las aguas, fundamentalmente de mares para formar nubes, mediante el proceso de precipitación (lluvia, nieve, granizo, etc.) y por ende el agua puede recorrer por la superficie de la tierra y así conseguir cauces de corriente y ríos y llegar al mar, también infiltrarse en el terreno y volver a la superficie en forma de manantial, y tener recorrido subterráneo, de esta manera finalmente llegar a el mar, cerrando el ciclo.

2.2.2. Ciclo hidrológico

Según Villón (2002) el ciclo hidrológico se denomina al conjunto de variaciones que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido, gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.) Fattorelli y Fernández (2011) ciclo hidrológico es definido como una serie de fenómenos es por intermedio de ello el agua pasa de la superficie terrestre en estado de vapor, hacia la atmosfera y vuelve en sus fases líquida y sólida, en la figura 1 se observa la serie de acontecimientos que compone el ciclo.

Figura 1

Esquema del ciclo hidrológico del agua



Nota: Diseño hidrológico (Fattorelli & Fernandez, 2011)

2.2.3. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es una unidad de área geográfica que manifiesta como principal entrada a las lluvias, y como salida el caudal, así también la evapotranspiración, el flujo subsuperficial y la percolación. La cuenca hidrográfica se conceptualiza como un conjunto armónico con profunda correlación entre cada una de sus partes (Fattorelli & Fernandez, 2011).

2.2.4. Escorrentía

Según López (1998) escorrentía es denominado a la cantidad de lluvia que alcanza la red hidrográfica por interior de la cuenca y transita generando caudales.



Los caudales máximos en las avenidas son originados por dos maneras diferentes de escorrentía; la escorrentía rápida que fluye aceleradamente a través de la superficie del terreno hacia los cauces de los ríos, así también, las escorrentías de aguas subterráneas y superficiales se juntan progresivamente para formar el flujo base.

2.2.5. Oferta hídrica

El flujo de escorrentía superficial a través de una corriente se denomina oferta hídrica. El suministro de agua de una cuenca hidrográfica puede variar con el tiempo y el lugar en función del régimen hidrológico, las propiedades físicas, geológicas y de cubierta de la cuenca, así como del clima (Castillo, 2022).

Existen diversas metodologías para aproximar la oferta hídrica en las cuencas hidrográficas, incluyendo el balance hídrico, la relación lluvia-escorrentía y el caudal medio en las vertientes de interés (Galindo, 2021); La aplicación, junto con los beneficios y desventajas de cada metodología, depende del objetivo u objetivos de la estimación, de la información disponible y de los atributos físicos de la cuenca (Galindo, 2021).

La oferta hídrica hace alusión al caudal de escorrentía superficial que transita por una corriente. La oferta hídrica de una cuenca hidrográfica depende de las condiciones climatológicas, régimen hidrológico, características físicas, geológicas y de cobertura que ésta presente y por lo tanto, puede ser variable en el espacio y tiempo (Maldonado, 2021).

La oferta Hídrica se considera como la precipitación que ya ha satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura



vegetal, escurre por el suelo y llega a la salida de la cuenca, también conocida como profundidad de exceso de precipitación o precipitación efectiva (Rivera & America, 2018).

Según menciona Laura (2019), es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Se basa fundamentalmente en la ecuación del balance hídrico, que es la aplicación del principio de conservación de masas. Su estimación y variabilidad puede obtenerse por medio de múltiples observaciones in situ o por medio de modelos hidrológicos calibrados.

2.2.6. Modelos hidrológicos

Según Tucci (1998), el modelo hidrológico atribuye a la representación de algún elemento o sistema, es un método o forma de fácil acceso y uso, con el objetivo de comprenderlo y crear sus respuestas para diversas entradas. Un modelo hidrológico es una herramienta que la ciencia creó para comprender mejor e interpretar el comportamiento de la cuenca hidrográfica y prevenir condiciones diferentes a las observadas.

Hoy en día los modelos hidrológicos forman una de las herramientas útiles en planificación de los recursos hídricos. El avance de la industria en informática ha hecho factible manejar softwares complejos en menor tiempo posible, en la actualidad existen una infinidad de modelos hidrológicos con distintas aplicaciones. Sirven para simular múltiples escenarios o extender la información

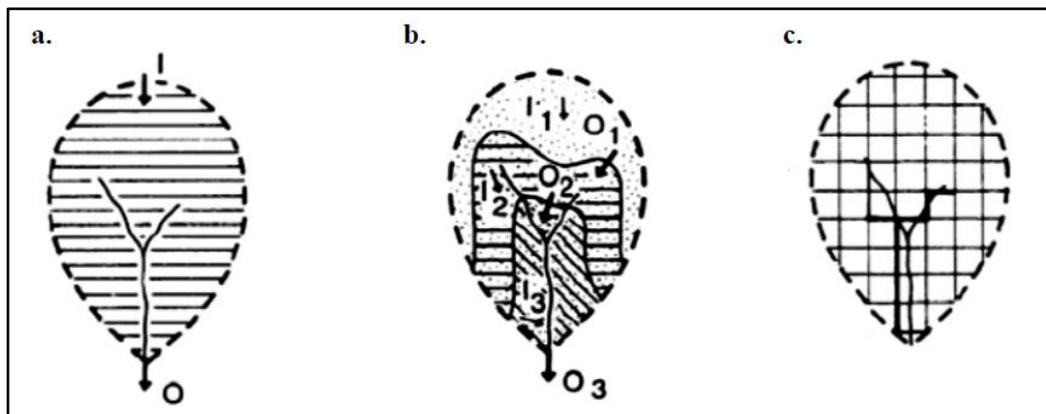
existente, después de ser calibrados y validados. Asimismo, son de gran importancia en el manejo de cuencas ya que se puede simular el resultado de la cuenca ante los cambios en el uso de la tierra, cambios climáticos y métodos de conservación de suelos dentro de las cuencas (Rojas, 2009).

2.2.7. Clasificación de los modelos hidrológicos

De acuerdo a una serie de factores y componentes que describen al ciclo hidrológico, existen diversas clasificaciones. Por lo general son clasificados como modelos agrupados y distribuidos, justificado en los parámetros del modelo en representación del tiempo y espacio, también son determinísticos y estocásticos, teniendo en cuenta otras variables (Devi *et al.*, 2015)

Figura 2

Clasificación de los modelos hidrológicos según su representación espacial.



Nota: Se muestra el esquema de la representación espacial, en tres tipos de modelo de cuenca bajo, tomado de (Chong-yu Xu, 2002).

Los modelos hidrológicos se dividen dependiendo de las representaciones espaciales así indica la Organización Meteorológica Mundial, y ellas se detallan a continuación.



2.2.7.1. Modelos agregados

Este tipo de modelos son simplificados porque trabajan con valores integrados en el espacio. Suelen ser útiles cuando es necesario obtener, simular o predecir el hidrograma de salida o el caudal pico de una cuenca, con fines de diseño y en pequeñas obras hidráulicas (Puricelli, 2003)

2.2.7.2. Modelos distribuidos

Estos modelos estiman las ecuaciones de conservación de masa, energía y movimiento, a fin de explicar el movimiento del agua en superficies y en el subsuelo (en zonas saturadas y no saturadas), utilizando métodos de discretización numérica, así como la metodología de las diferencias finitas o de componentes finitos. La operación se realiza para cada celda de la grilla que implica la cuenca. (Ramirez, 2012)

2.2.7.3. Modelos semidistribuidos

Este tipo de modelos supera las dificultades de crear un modelo distribuido y la escasa capacidad para representar la variabilidad de las cuencas en modelos agrupados. Se pueden construir modelos semidistribuidos considerando la división de la cuenca en subcuentas y su zonificación según la altura. Un ejemplo de estos modelos es GSM-SOCONT que se implementó en la cuenca vertiente superiores del Ródano en los cantones del Vaud y de Valais en suiza a fines del 2006, con el objetivo de seguimiento y pronosticar inundaciones (Garcia, 2011).



2.2.8. Modelo hidrológico GR2M

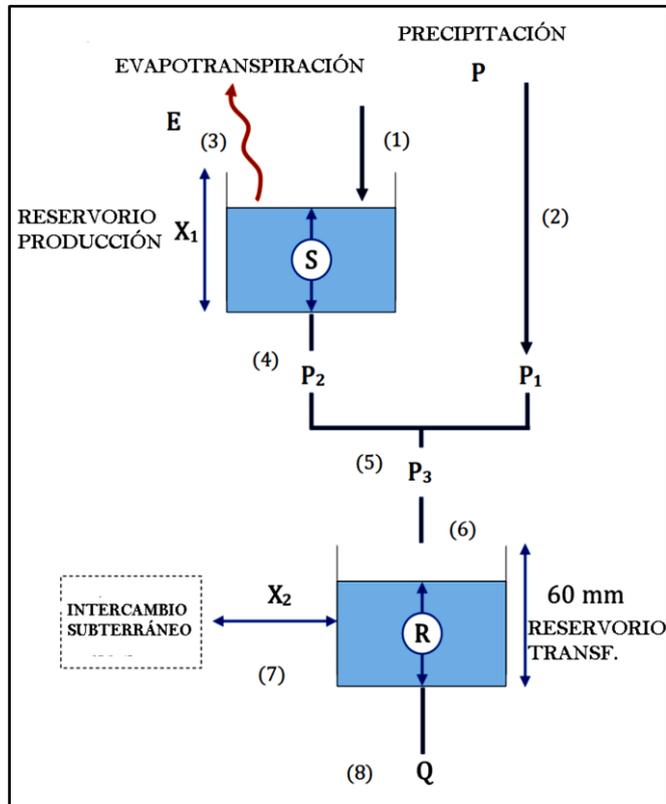
El modelo GR2M, fue desarrollado por el CEMAGREF (Centro de Investigación Agrícola e Ingeniería Ambiental de Francia), es un modelo hidrológico mensual agregado basado en transformar la lluvia a escorrentía mediante el uso de la optimización de dos parámetros que permiten la simulación de los caudales de producción y transferencia. (Cabrera, 2013).

El GR2M representa un tanque o reservorio que controla el proceso de producción y se determina por su capacidad máxima en el depósito de "agua por gravedad" que conlleva la función de transferencia. Este modelo de balance hídrico mensual se rige por dos parámetros (X_1 y X_2). El primer parámetro (X_1) representa la capacidad máxima del tanque de producción o "terreno". El segundo parámetro (X_2) representa el parámetro de transferencia debajo de la superficie del tanque o "agua por gravedad" (Kouassi *et al.*, 2012).

La Figura 2 muestra el esquema del modelo GR2M con sus principales procesos hidrológicos que son tomados en cuenta por el modelo, para la producción de escorrentía con las formulas y la arquitectura del modelo.

Figura 3

Esquema del modelo GR2M



Nota: En la figura se muestra el esquema del modelo GR2M, por Cabrera (2013).

Según el esquema de la figura 3, P es la precipitación media de la cuenca, E es la evapotranspiración actual, S el almacenamiento del reservorio suelo al inicio del periodo de análisis, P_1 es la escorrentía superficial, P_2 la percolación profunda, R el almacenamiento del reservorio de agua gravitacional al inicio del periodo de análisis y Q el caudal a la salida de la cuenca. La capacidad máxima de almacenamiento del reservorio suelo es X_1 y X_2 es el coeficiente de intercambios subterráneos, la del reservorio gravitacional es asumida como 60mm. (Cabrera, 2013).

2.2.8.1. Función de Producción

De acuerdo a la Figura 3, según Cabrera (2013) parte de la precipitación es absorbida por el reservorio de producción y otra (P_1) se dirige al reservorio o tanque de agua gravitacional. El nuevo volumen de agua en el reservorio suelo (S_1) se calcula utilizando la Ec. (1).

$$S_1 = \frac{S + X_1 \operatorname{Tan} h\left(\frac{P}{X_1}\right)}{1 + \frac{S}{X_1} \operatorname{Tan} h\left(\frac{P}{X_1}\right)}$$

Ec. 1. Volumen de agua en el reservorio suelo

Dónde: X_1 es la capacidad del reservorio suelo, S_1 es el nuevo volumen de agua en el reservorio suelo.

Asumiendo que no hay pérdidas, el volumen de agua antes de la infiltración debe ser el mismo después de ésta; es decir (Cabrera, 2013)

$$P_1 = P + S + S_1$$

Ec. 2. Volumen de agua antes de la infiltración

El reservorio suelo será afectado por la evapotranspiración, reduciendo su volumen a S_2 . El nuevo volumen se calcula mediante el uso de la Ec. (3).

$$S_2 = \frac{S_1 + \left[1 - \operatorname{Tan} h\left(\frac{E}{X_1}\right)\right]}{1 + \left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right) \operatorname{Tan}\left(\frac{E}{X_1}\right)}$$

Ec. 3. Volumen reservorio.

De esta manera, la evaporación real estimada por el modelo puede calcularse mediante la Ec. (4).

$$E_s = S_1 + S_2$$

Ec. 4. Evaporación real

$$E_s = \frac{S_1 \left(2 - \frac{S_1}{X_1}\right) \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)}{1 + \left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right) \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)}$$

Ec. 5. Despeje Evaporación real.

Posteriormente, una cantidad de agua P_2 es liberada del tanque de producción como percolación. De esta manera S_2 , toma un nuevo valor S , el cual representa el almacenamiento inicial en el siguiente mes (Cabrera, 2013)

$$S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2^3}{X_1}\right)\right]^{1/3}}$$

Ec. 6. Almacenamiento inicial

Luego, el volumen de agua que percolación P_2 será estimará mediante la diferencia entre S_2 y S :

$$P_2 = S_2 - S$$

Ec. 7. Volumen de agua por percolación.**2.2.8.2. Función de Transferencia**

Conocido el volumen de agua que percola, la precipitación efectiva que ingresa al reservorio de agua gravitacional (P_3), será según la Ec. (8)

$$P_3 = P_1 - P_2$$

Ec. 8. Precipitación efectiva

El nivel inicial en tanque de tránsito, R , se actualiza como:

$$R_1 = R - P_3$$

Ec. 9. Nivel inicial del tanque de tránsito.

Sin embargo, debido a que existe un intercambio de volúmenes a nivel subsuperficial, el volumen del reservorio se corrige por el factor X_2 y se representa mediante la Ec. (10). (Cabrera, 2013):

$$R_2 = X_2 - R_1$$

Ec. 10. Corrección del volumen del reservorio.

Finalmente, para la obtención del caudal de salida el reservorio de agua gravitacional se vacía siguiendo una función cuadrática mediante la Ec. (11).

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

Ec. 11. Caudal de salida.

Cabrera (2013). Como puede observarse, la máxima capacidad del tanque de tránsito tiene un valor de 60 mm, que dependen de dos variables a optimizar X_1 y X_2 . Finalmente, el nivel en el tanque de tránsito al inicio del siguiente mes se calcula mediante la Ec. (12):

$$R = R_2 - Q$$

Ec. 12. Nivel del tanque de tránsito.

2.2.9. Calibración del Modelo

Según Mendoza *et al.*, (2002). El proceso de calibración en los modelos hidrológicos debe orientarse por ser sencillo, y se pueda lograr fácilmente con los

datos e información necesarios para el desarrollo de esta etapa. Si es escasa la información disponible, es recomendable hacer una selección reducida de las variables a modificar para la calibración del modelo.

La calibración de un modelo hidrológico consiste en ajustar los parámetros del modelo durante el entrenamiento para obtener el mejor ajuste del modelo. La concordancia en el ajuste de los parámetros se estima utilizando una función de objetivo único, que representa la similitud que coinciden en los resultados del modelo y las observaciones. Gran parte de los modelos hidrológicos utilizan la métrica de eficiencia de Nash-Sutcliffe, que su objetivo es minimizar el error cuadrático medio entre los caudales modelados y observados, métrica usada por el modelo en estudio GR2M. (Arsenault *et al.*, 2018).

2.2.10. Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas estadísticas que se utilizaron en el presente estudio para estimar la eficiencia y el grado de error, se emplean diferentes técnicas métricas como son; coeficiente de determinación “R²”, la raíz del error medio cuadrático “RMSE”, índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe “NSE” y el sesgo estadístico relativo “PBIAS”, que se detalla a continuación:

2.2.10.1. Coeficiente de determinación (R²)

Según Porto (2021), el coeficiente de determinación es una medida no paramétrica que nos permite estimar el nivel de relación lineal entre dos conjuntos de datos, vale decir que el valor atípico no tiene mucha influencia en el cálculo. Esta se determina por la siguiente ecuación:

$$R^2 = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2-1)}$$

Ec. 13. Donde D es la diferencia entre los rangos de dos muestras y N es el número de rangos.

Se presenta la tabla 1, ahí se muestra el rango referencial, nivel de ajuste para el factor de determinación.

Tabla 1

Escala del coeficiente de determinación. R^2

Nivel de ajuste	R^2
Excelente	> 0.81
Bueno	$0.64 - 0.81$
Regular	$0.36 - 0.64$
Mínimo	$0.09 - 0.36$
No hay correlación	< 0.09

Nota: Tomado de: Aveiga y Caiza (2018)

2.2.10.2. Raíz del error cuadrático medio “RMSE”

Para Cabrera (2012), Nos permite determinar la magnitud el error de los datos simulados en relación con los datos observados, y puede tomar datos de 0 a infinito (positivo), donde 0 representa un ajuste optimo y los datos de mayor tamaño indican un menor ajuste. Para realizar la operación se utiliza la siguiente fórmula:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_{sim} - D_{obs})^2}$$

Ec. 14. Dónde: (D_{sim}, D_{obs}) son datos simulados y observados correspondientemente y n es el número total de pasos del tiempo.

2.2.10.3. Sesgo estadístico relativo (PBIAS)

Según Guachamín *et al.*, (2019), la prueba se lleva a cabo para evaluar el porcentaje de subestimación o sobreestimación de una serie de datos simulados. Para los datos observados, con respecto al sesgo relativo puede ser positivo o negativo, donde lo negativo indica la subestimación y lo positivo indica sobreestimación. El valor perfecto es 0, la prueba descrita se determina con la siguiente ecuación:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (D_{sim} - D_{obs})}{\sum_{i=1}^n D_{obs}} 100$$

Ec. 15. Dónde: D_{obs} , D_{sim} son datos observados y simulados correlativamente, en paso de tiempo (i).

En la tabla 2 se muestran los valores recomendados el índice de eficiencia de una serie de datos simulados frente a los observados.

Tabla 2

Niveles de ajuste estadístico (PBIAS).

Nivel de ajuste	PBIAS
Muy bueno	$< \pm 10$
Bueno	$\pm 10 - \pm 15$
Satisfactorio	$\pm 15 - \pm 25$
Insatisfactorio	$> \pm 25$

Nota: Tomado de Guachamín *et al.*, (2019)

2.2.11. Indicadores Estadísticos del modelo (GR2M).

2.2.11.1. Coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE)

Es un método de amplio uso para evaluar la predicción y eficacia de las series simuladas en modelos hidrológicos, su valor es adimensional y cambia de menos infinito a uno, según la eficiencia de Nash (Nash & Sutcliffe, 1970). Se define como:

$$\text{Ec. 16} \quad ESE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{mean})^2} \right]$$

Dónde: Y_i^{obs} : Datos observados, Y_i^{sim} : Datos simulados [L^3T^{-1}], Y_i^{mean} : Promedio de datos observados [L^3T^{-1}] y n : numero de intervalos temporales.

En la Tabla 1 se tiene un rango formulado por, Moriasi *et al.*, (2007) en el cual evalúa a un modelo en base al coeficiente de Nash-Sutcliffe.

Tabla 3

Valores referenciales del coeficiente de Nash-Sutcliffe.

Nash	Ajuste
<0.5	Insatisfactorio
0.5 – 0.65	Satisfactorio
0.65 – 0.75	Bueno
0.75 – 1.00	Muy Bueno

Nota: Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations (Moriasi *et al.*, 2007).

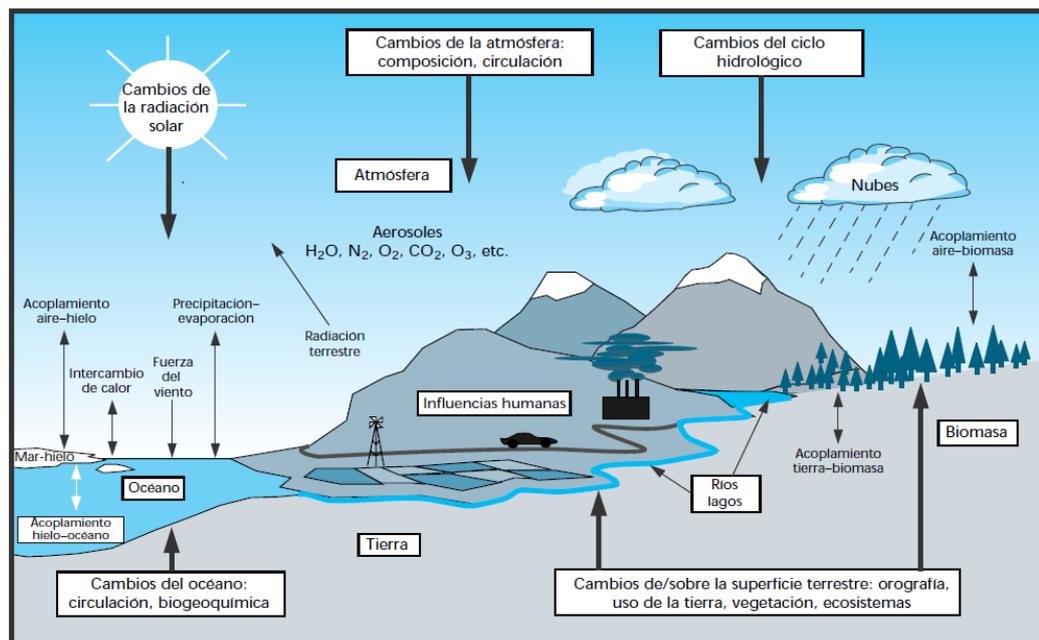
2.2.12. Clima y sistema climático

El sistema climático, es muy complejo se compone de cinco elementos principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, así como las interacciones entre esos cinco subsistemas. El sistema climático conforme pasa el tiempo evoluciona debido a su dinámica interna e influencias externas, así como las erupciones volcánicas o cambios en la actividad solar y de influencias antropogénicas, como cambios en la composición atmosférica o la variación de uso del suelo (IPCC, 2013).

En la (Figura 4) se ilustra la evolución del sistema climático a través del tiempo por impactos de factores o alteraciones internos, como fenómenos (ENOS) “El Niño Oscilación del Sur”, y factores externos como: erupciones volcánicas, variaciones de la actividad solar, actividades antropogénicas que alteran los componentes de la atmósfera y el uso del suelo (Solman, 2011).

Figura 4

Componentes del sistema climático





Nota: En la figura se muestra el sistema climático global (IPCC., 1997).

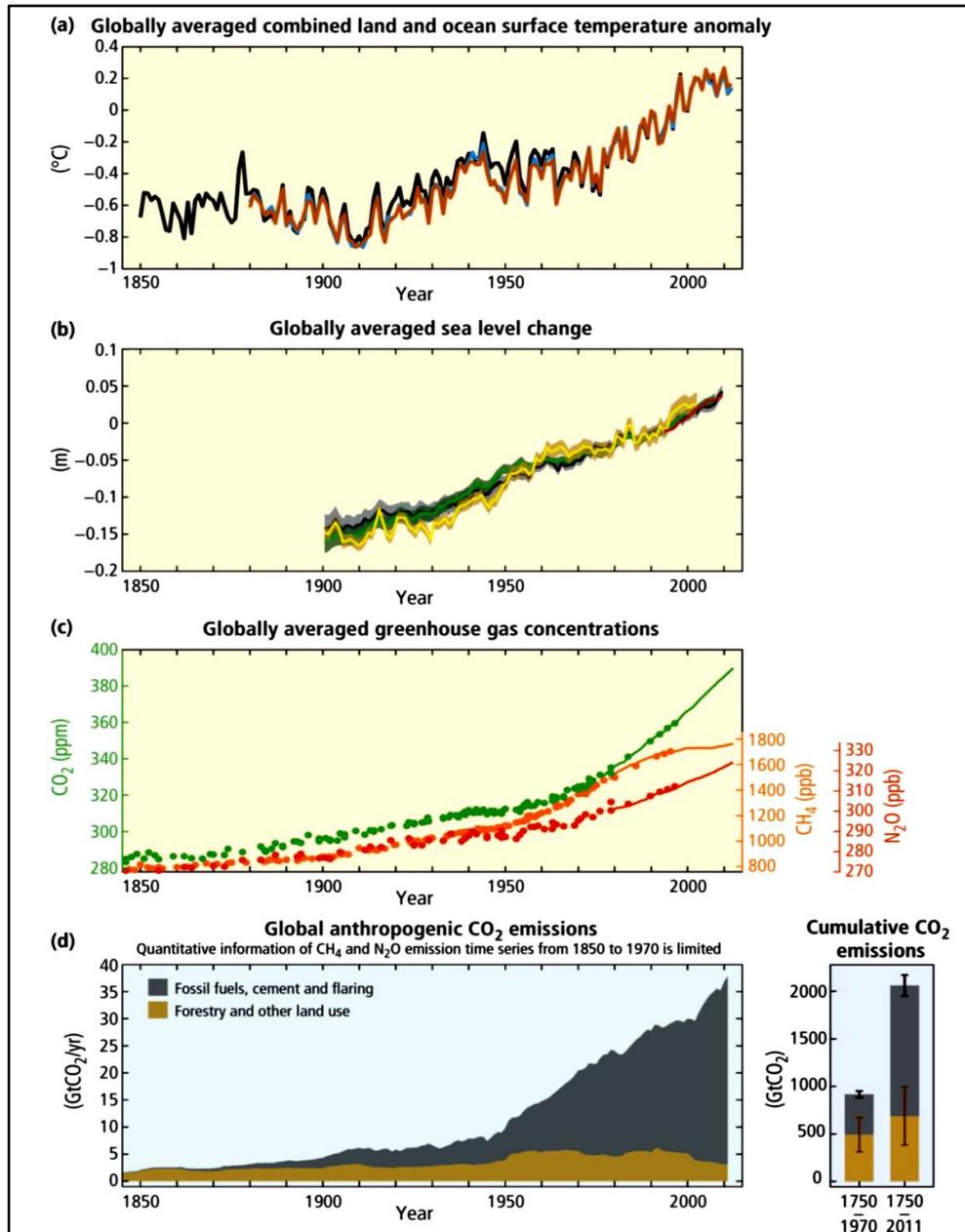
2.2.13. Cambio climático

Sithiengtham (2019), menciona que, el cambio climático es uno de los inconvenientes globales más críticos en el siglo XXI, siendo la actividad antrópica (el uso combustibles fósiles, la deforestación, el cultivo de arroz, el uso de fertilizantes en la agricultura y la producción de clorofluorocarbonos) uno de los principales causantes que conduce a la emisión de un número de GEI; dichos (GHG), que se han emitido desde la era preindustrial, han llevado a un incremento en el contenido de (CO₂), (CH₄) y (N₂O) en la capa atmósfera.

IPCC (2014), confirmó que la temperatura ha aumentado, el nivel del mar ha incrementado y los glaciares se han reducido. De 1880 a 2012, hubo un incremento en la temperatura promedio de la superficie terrestre y oceánica de 0.95 ° C (**figura a**). El nivel promedio del mar aumentó en 0.19 m desde 1901 hasta 2010 (**figura b**) y la extensión del hielo Ártico bajo en un 3.4% a 4.0% por década desde 1979 hasta 2012. La **figura c** y la **figura d** muestra la emisión antrópica global de CO₂ (p. 3)

Figura 5

Cambio observado en el sistema climático global



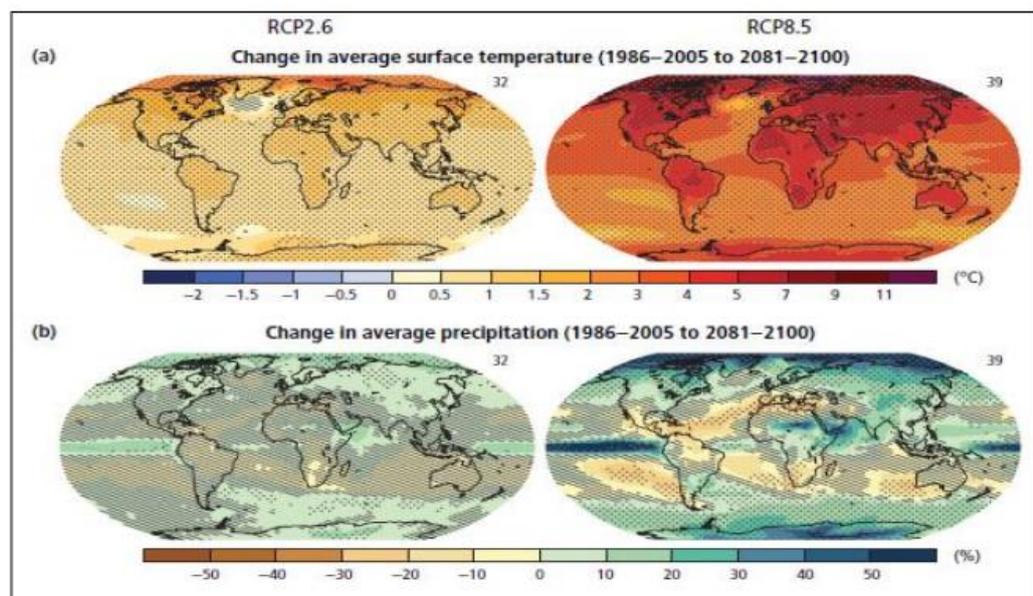
Nota: Ilustración del Cambio observado en el sistema climático global. (Rosario, 2020).

IPCC (2014), en su 5to informe de evaluación proyectando el cambio climático hasta el 2100, mostraron un incremento de la temperatura, la precipitación y el mar. Para la proyección, se basaron principalmente en las manifestaciones de los GEI, las concentraciones de contaminación del aire y la política climática, creando cuatro escenarios denominado las Rutas de

Concentración Representativas (RCPs). Los cuatro escenarios son RCP2.6 (muy mínimas emisiones), RCP4.5 y RCP6.0 (escenarios intermedios) y RCP8.5 (altas emisiones de GHG). Según estos escenarios, proyectó que la temperatura global promedio aumentará en 0.3 ° C a 1.7 ° C bajo RCP2.6 y 2.6 ° C a 4.8 ° C bajo RCP8.5 en 2081-2100, en comparación con el promedio en 1986-2005 (**figura 2a**). Se prevé que las precipitaciones aumenten, especialmente en las zonas de latitudes altas, el Pacífico ecuatorial y las regiones húmedas; sin embargo, disminuirá en las áreas secas de latitudes medias y subtropicales (**figura 2b**).

Figura 6

Cambio proyectado de la temperatura global promedio y precipitación



Nota: Ilustración del cambio de temperatura global, en escenarios (Rosario, 2020)

2.2.13.1. Escenarios de Emisiones para el Cambio Climático

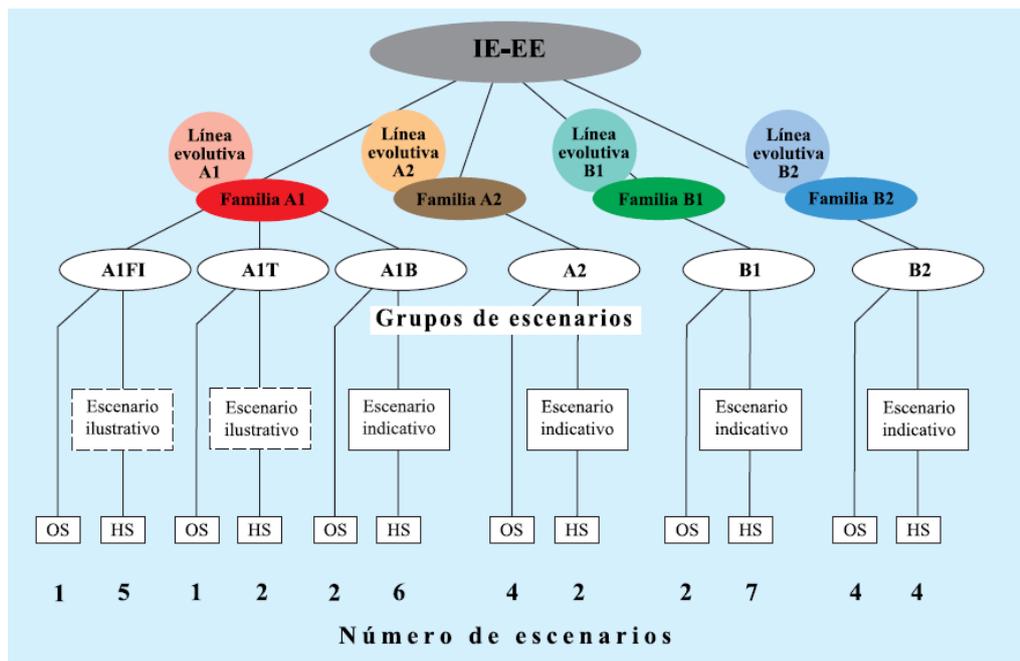
Los escenarios de emisiones representan posibles desarrollos futuros y son un instrumento adecuado para predecir el cambio climático futuro. El IPCC define que los escenarios son predicciones del futuro, sociedad y del medio ambiente, impulsadas por el crecimiento

demográfico, el desarrollo socioeconómico, el desarrollo tecnológico y el aumento de los gases de efecto invernadero y los aerosoles. (IPCC, 2001).

En su informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) del año 2000, el IPCC publicó una serie de escenarios de emisiones para su uso en estudios de cambio climático. Los IE-EE se desarrollaron para examinar los desarrollos futuros globales, en relación con el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles.

Figura 7

Características de los cuatro grupos evolutivos y familia de escenarios



Nota: Imagen tomado del (IPCC, 2001)

2.2.13.2. Trayectorias socioeconómicas compartidas “SSP”

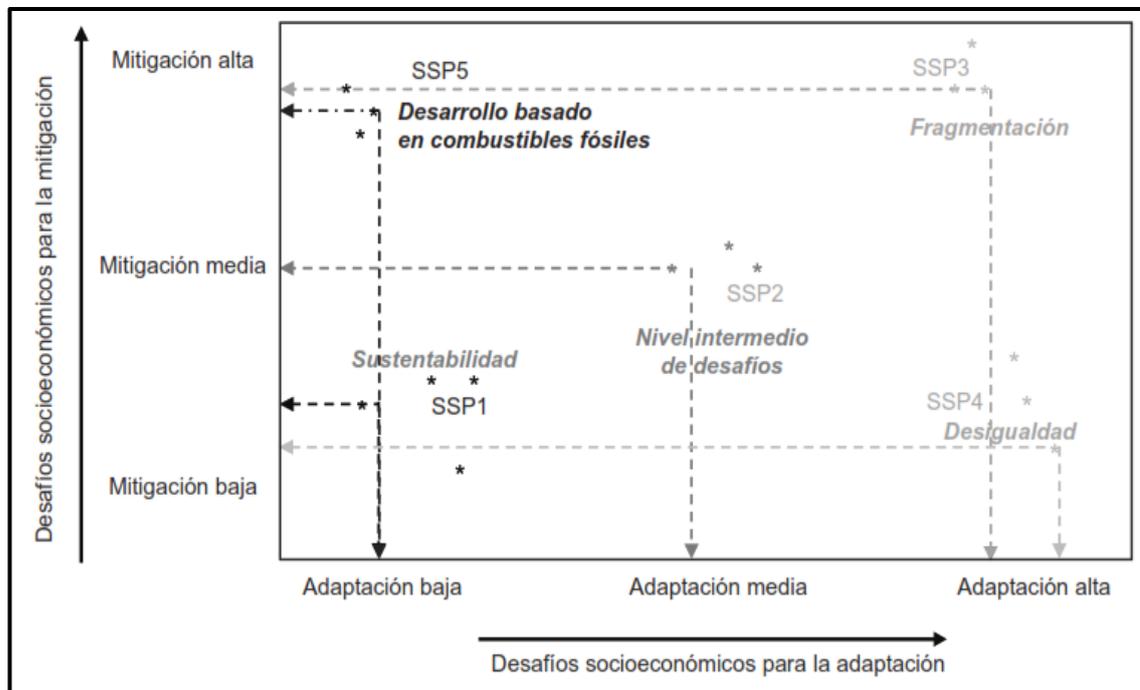
El manejo de los escenarios de cambio climático denominados Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) son herramientas heurísticas que buscan explorar el cambio ambiental y social, su objetivo

es incorporar aspectos del cambio social anticipado que puedan afectar las emisiones y la adaptación al cambio climático (Escoto *et al.*, 2017).

Las trayectorias socioeconómicas compartidas detallan diferentes futuros alternos en carácter del desarrollo socioeconómico y se representa, desde una narrativa y registros cuantitativos para proporcionar una percepción de cómo el mundo podría evolucionar en las siguientes décadas y que obstáculos implican dichos cambios en la mitigación y la adaptación (O'Neill *et al.*, 2014). En la figura 8 se muestra el espacio de desafíos estimados en cinco tipos de escenarios que representan diferentes futuros posibles.

Figura 8

Ilustración de los SSP en cinco categorías



Nota: Ilustración, desafíos socioeconómicos en la mitigación (Escoto *et al.*, 2017).

2.2.13.3. Proyección de Precipitación y Temperatura para el Perú

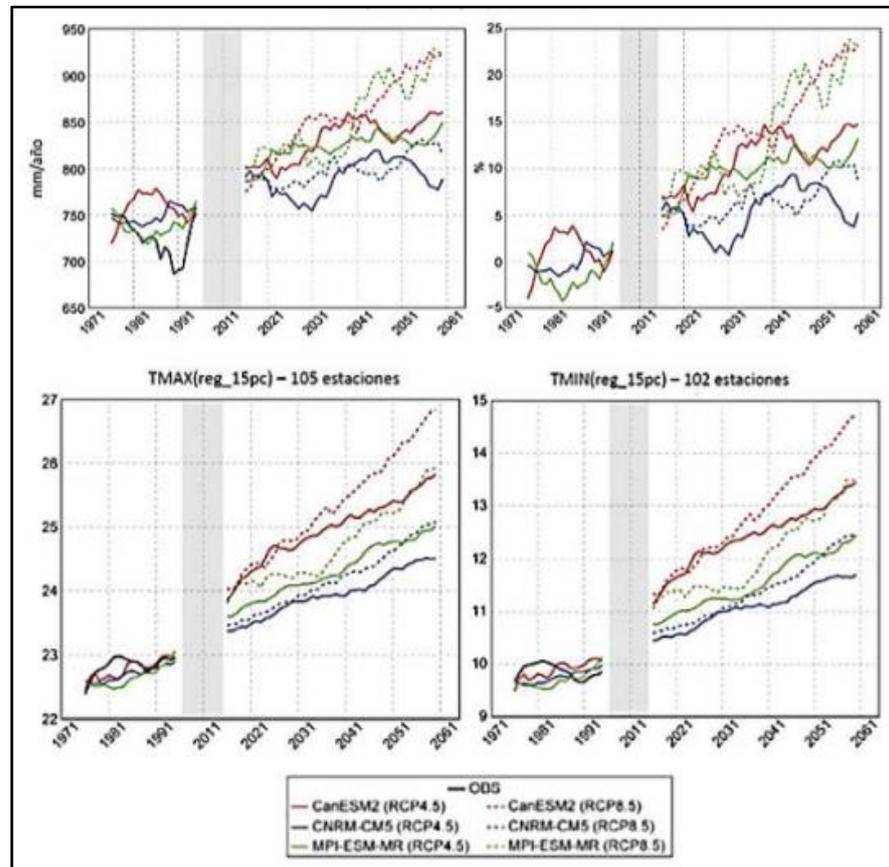
Para obtener proyecciones climáticas para las variables de precipitación, temperaturas para el período 2050, el SENAMHI de Perú, en colaboración con el Grupo de Meteorología, regionalizó estadísticamente los escenarios climáticos. En este estudio, SENAMHI utilizó 266 estaciones nacionales de precipitación, 101 estaciones nacionales de temperatura mínima y 103 estaciones nacionales de temperatura máxima para llevar a cabo la regionalización estadística, o reducción de escala, de seis escenarios climáticos CMIP6. Los resultados indican que, en comparación con el periodo 1971-2000, se produciría un aumento medio de la temperatura máxima de 2°C a 3°C y de la temperatura mínima de 3°C a 5°C para el periodo 2036-2065. El aumento promedio de la precipitación se espera que sea entre 10% y 20%, aún con su variabilidad regional (Espinoza F. , 2023).

En la Figura 9, los modelos de MCG que se utilizaron incluyen CanESM2, CNRM-CM5, MPI-ESM-MR y Figura 9; la línea discontinua presenta el escenario RCP8.5, mientras que la línea incesante presenta el escenario RCP4.5. El intervalo

de tiempo entre la conclusión de la modelación histórica y el comienzo de las proyecciones se muestra mediante el sombreado gris (Espinoza F. , 2023).

Figura 9

Proyecciones climáticas en el Perú hacia el año 2050.



Nota: Ilustración de las proyecciones climáticas (Espinoza F. , 2023)

2.2.13.4. Modelamiento hidrológico

Ante ello, el objetivo principal de la modelización hidrológica es establecer datos para una gestión eficaz del agua:

- Un modelo hidrológico puede utilizarse para predecir variables hidrológicas cuantitativas, eficaces y a un precio justo en cuencas que aún no han sido descubiertas. Esta información puede utilizarse para orientar las decisiones sobre el diseño y la posibilidad económica de un proyecto de sistema hídrico, el planeamiento, la explotación y la gestión de las obras. La hidráulica incluye el estudio de los caudales, los



volúmenes de acopio, la carga de venta y sedimentos, las elecciones de control, la calidad del agua y las consecuencias de las variaciones de cantidad y calidad en los distintos parámetros.

- Se puede organizar y modelar una gran cantidad de información hidrometeorológicos, crear datos mediante un conjunto de elementos limitado y completar o sustituir los datos que faltan mediante un modelo hidrológico.
- Al modelizar las actividades en distintas condiciones naturales de la cuenca o bajo intervención humana, los modelos hidrológicos permiten recopilar datos sobre los procesos físico-químicos, biológicos del sistema hidrológico. – lo resultante de las modelaciones de los modelos hidrológicos pueden proporcionar ayuda táctica a los proyectos de investigación.
- Actualmente no se dispone de datos experimentales en hidrología para cada combinación potencial de usos del suelo, tratamientos del suelo y sistemas hidrológicos. Los modelos hidrológicos robustos pueden responder a las interrogaciones sobre una serie de situaciones y medios en los que las cuencas hidrográficas podrían encontrar uso.
- El modelo puede utilizarse para predecir los efectos de la incertidumbre hidrológica, un ejemplo es el cambio climático o la incidencia de inundaciones u sequías, gracias a su capacidad de extrapolar e interpolar datos.
- En última instancia, un modelo hidrológico bien estructurado puede ofrecer información sobre los componentes del sistema y proporcionar una aproximación coherente de su comportamiento (Medina, 2021).

2.2.14. Modelos climáticos globales (GCM)

Los modelos climáticos globales o también conocidos como modelos de circulación general (GCM) representan de forma numérica, que nos dan una percepción de cómo ha evolucionado el sistema climático a lo largo del tiempo, en base a las propiedades fundamentales para demostrar sus características físicas, químicas y biológicas, a su vez se pueden identificar escalones y representar modelos de distintos grados de complejidad, que resaltan en aspectos en el número de dimensiones espaciales, así como la forma en que hacen uso de parametrizaciones empíricas, se utilizan como instrumentos de investigación en el estudio y simulación del clima, en la actualidad los GCM se utilizan con fines prácticos, para realizar proyecciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales. El sistema climático se describe en detalle mediante los (MCGAO) “Modelos de Circulación General Atmosférica-Océano (IPCC, 2013).

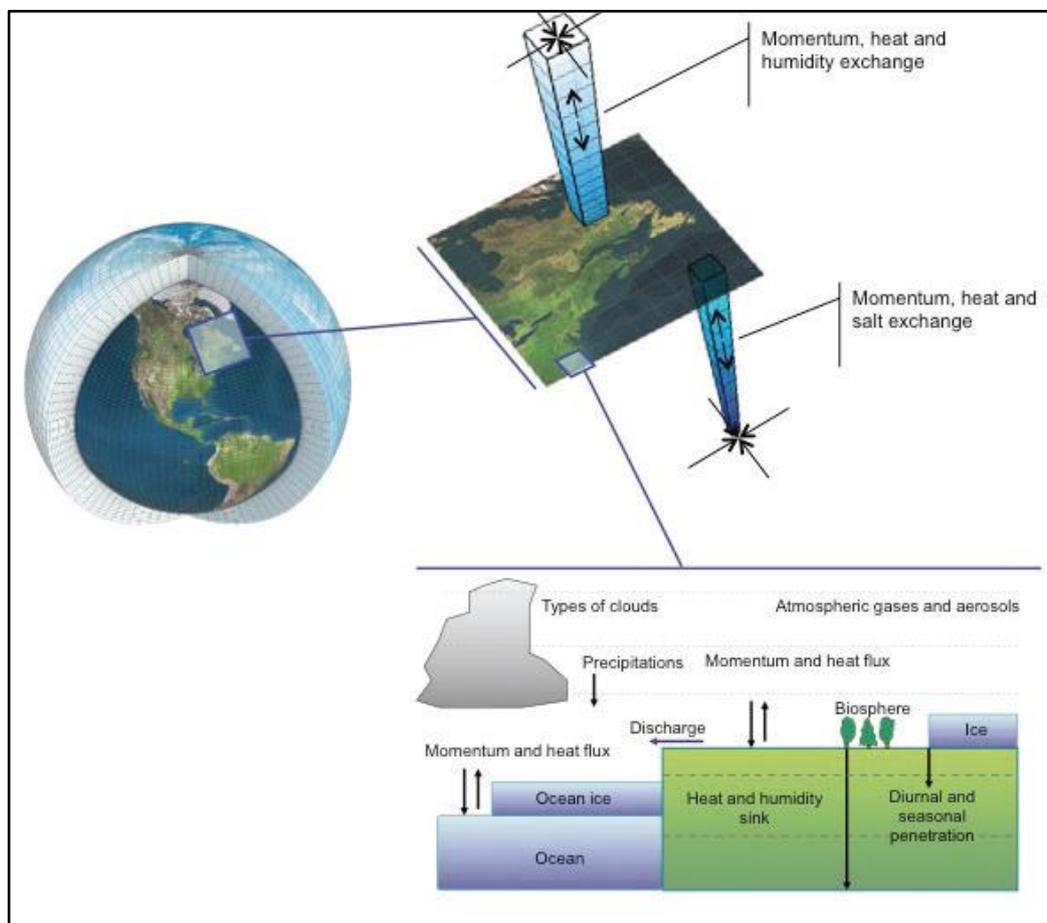
Los modelos climáticos globales (GCMs) se pueden utilizar para conectar predicciones a gran escala con la dinámica regional utilizando técnicas de reducción de escala (downscaling). Porque una de las principales fuentes de incertidumbre en la evaluación y estimar proyecciones regionales es la selección del GCM. Se sabe que los cambios estacionales e interanuales en las variables de la superficie del océano están relacionados con los patrones de circulación atmosférica. La presión a nivel del mar (SLP) es una de las variables que resume la dinámica climática atmosférica y refleja directamente la interacción atmosfera – océano. (Pérez, *et al.*, 2012).

Los MCGs utilizan una cuadrilla tridimensional de la tierra para representar el clima (ver la **Figura 10**) y luego actúan con cada pequeño cubo o

celda. Dentro de cada cuadrícula de volumen, se asignan valores promedio a propiedades como velocidad, temperatura, humedad (atmósfera) y salinidad (océano). Los GCM suelen tener una resolución horizontal de 250 a 600 km, una resolución vertical de 10 a 20 capas en la atmósfera y algunas veces 30 capas en el océano. Por lo tanto, su resolución no es tan buena como la escala de detección de la mayoría de las evaluaciones de impacto de GEI. (IPCC, 2013)

Figura 10

Representación de un Modelo Climático Global



Nota: Imagen Adaptado de (Espinoza F. , 2023).

2.2.15. Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6)

El Proyecto de intercomparación de modelos acoplados se lanzó en 1995 con el apoyo del Programa Mundial de Investigación del Clima (WCRP),

actualmente se encuentra en su sexta fase (CMIP6). El sexto informe de evaluación (AR6) del IPCC, propuso modelos climáticos nuevos y diferentes en el año 2022. Para los modelos CMIP6, el periodo histórico comprende de 1850 hasta el 2014, y los escenarios conocidos también como rutas socioeconómicas compartidas (SSP) cubre el periodo de 2015 a 2100 años, donde el período futuro inicia desde el año 2015 para todos los modelos climáticos. (Bruno, 2023).

Los resultados publicados de solo 40 modelos CMIP6 en el año 2021, se evidenciaron que algunos de ellos tienen una sensibilidad climática notoriamente mayor que los modelos CMIP5. La presencia de mayor sensibilidad ayuda a predecir el mayor calentamiento durante este siglo, aproximadamente de 0,4 °C a 0,9 °C mayor calidez que en escenarios verificados en CMIP5, y estas proyecciones de calentamiento pueden variar a medida exista más modelos a disposición. (Hausfather, 2019).

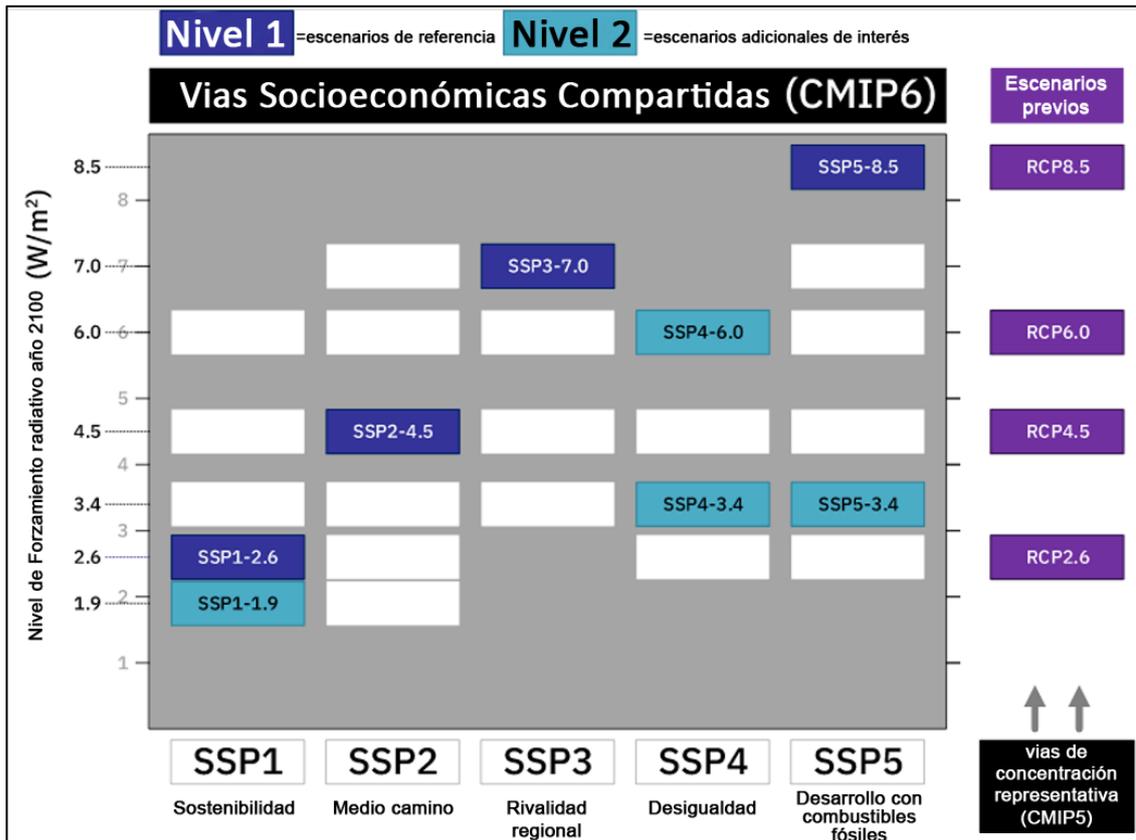
Antes del IPCC AR6, la comunidad de modelos energéticos desarrollo un conjunto de nuevos escenarios de emisiones basados por varios supuestos socioeconómicos. Las cuales son las "Rutas Socioeconómicas Compartidas" (SSP) para el CMIP6. El IPCC AR5 propone cuatro vías de concentración representativas (RCP) para examinar diferentes posibles emisiones futuras de gases de efecto invernadero. Estos escenarios son (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5) mientras tanto ahora tienen nuevas versiones en CMIP6, estos escenarios actualizados son denominados SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP4-6.0 y SSP5-8.5, los escenarios mencionados se ilustran en la Figura 9. (Bruno, 2023).

SSP5-8.5: Este escenario esta con un forzamiento radiativo extra de 8,5 W/m² hasta el periodo del año 2100, el escenario es representado como el límite

superior del rango de escenarios detallados en la literatura. Esto se entiende como una actualización del escenario RCP8.5 de la CMIP5, incorporado ahora con factores socioeconómicas.

Figura 11

Matriz escenarios que combinan los niveles de SSP

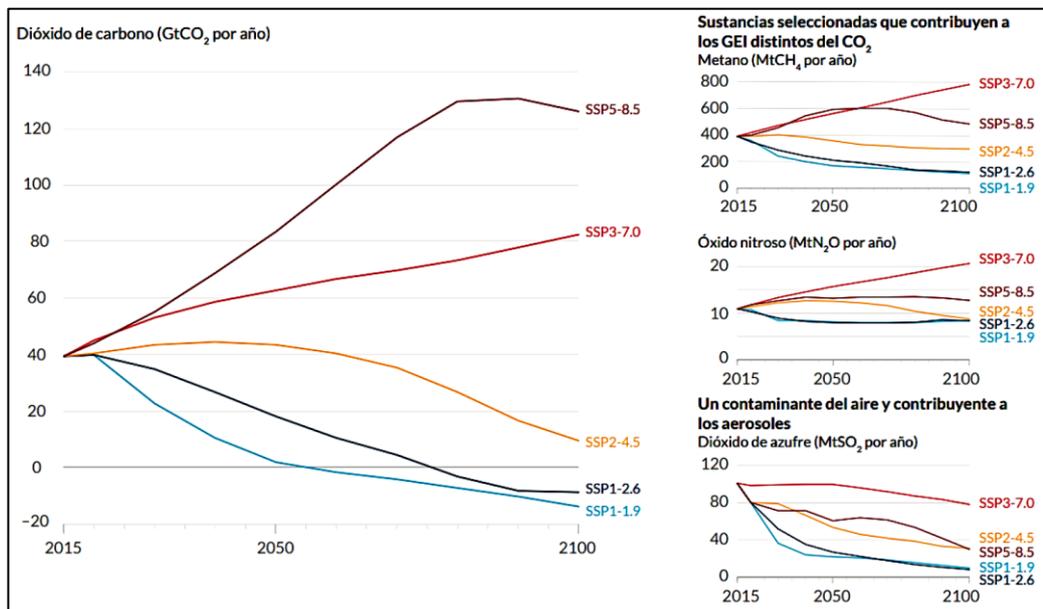


Nota: Imagen adaptada a la matriz de escenarios que combinan niveles de SSP (Vías Socioeconómicas Compartidas) (O'Neill, *et al.*, 2016).

Los nuevos escenarios climáticos del CMIP6 brindan una amplia selección de futuros posibles socioeconómicos, al incluir nuevas posibles trayectorias en escenarios SSP3-7.0 y el SSP1-1.9, así como se ilustra en la figura 12. (Hausfather, 2019)

Figura 12

Trayectorias socioeconómicas y GEI al año 2100



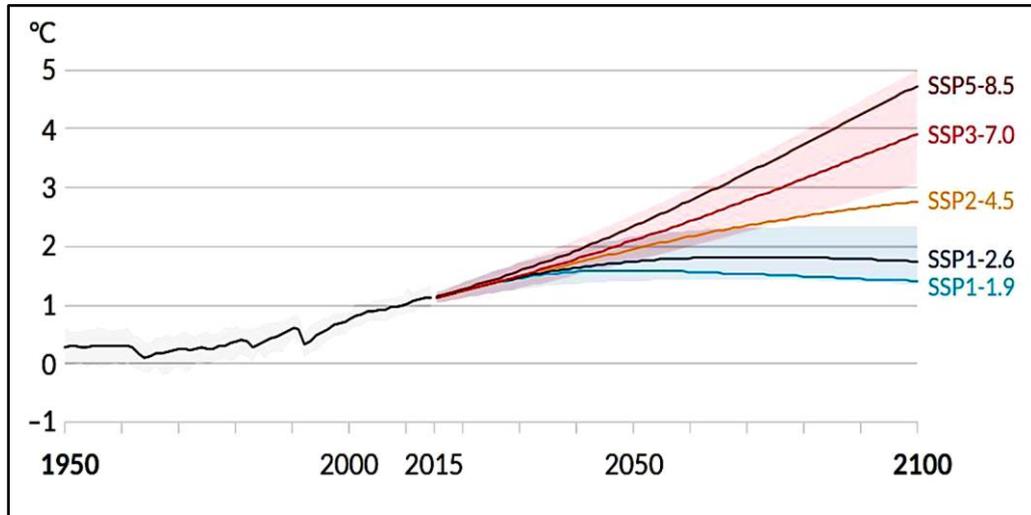
Nota: la figura ilustra los SSP y como es su comportamiento frente a los GEI hasta el año 2100. Recopilado de (Pörtner *et al.*, 2022).

Las variaciones de la temperatura global de la superficie se determinaron combinando simulaciones del modelo CMIP6 en el periodo 1850-1900 y aplicando restricciones basadas en observaciones históricas del calentamiento. También se utilizan las últimas estimaciones actualizadas de la sensibilidad climática. El cambio para el período 1850-1900 se calcularon cada 20 años, sumando 0,85 °C, lo que corresponde al aumento observado en la temperatura de la superficie global de 1850-1900 hasta 1995-2014 (Pörtner *et al.*, 2022).

Los valores y rangos de temperatura muy probables para las trayectorias SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5 se demuestran en la figura 13.

Figura 13

Rango de temperatura para SSP



Nota: En esta figura se muestra el rango de temperatura en cada trayectoria socioeconómica hasta el 2100. Adaptado de (Pörtner *et al.*, 2022).

2.2.16. Métodos de Downscaling (Reducción De Escala)

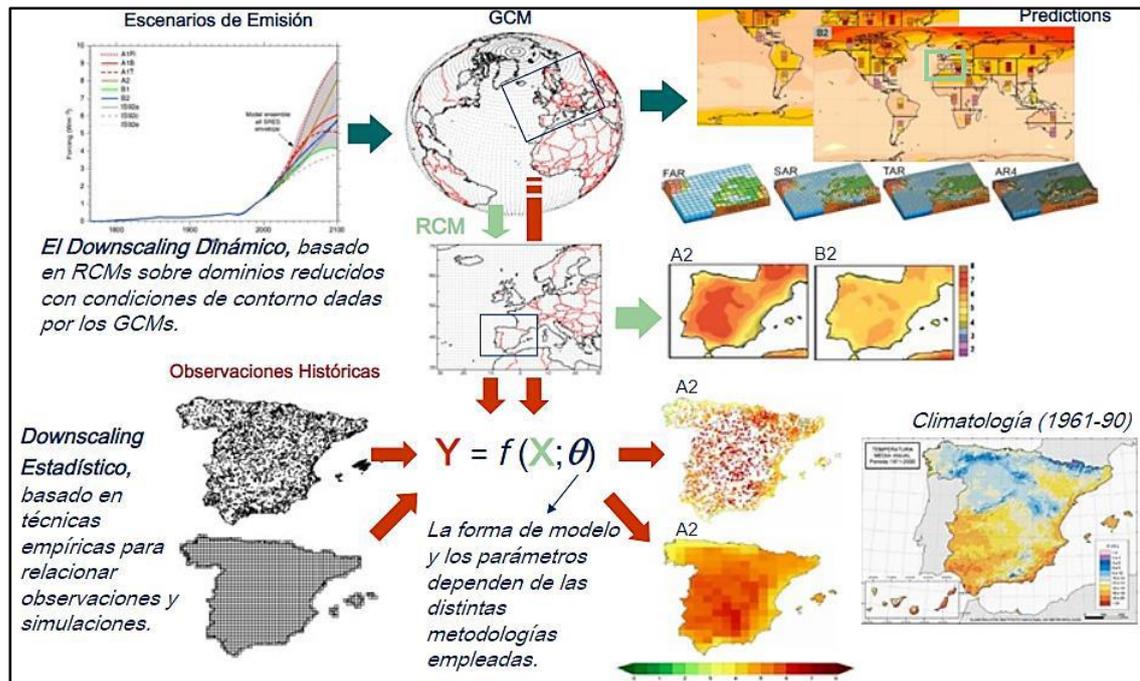
Los Modelos Climáticos Globales (GCMs) son herramienta clave para predecir el clima en el futuro, y son confiables en escala global, vale mencionar su resolución espacial es muy baja si se analiza a escalas regionales de (10-100 km), en la distribución de la temperatura, en particular la precipitación presenta desajustes con los datos observados. Para la simulación del clima futuro adecuadamente se debe realizar una reducción de escalas, a estos procesos se les dice técnicas de regionalización (downscaling). Se clasifican en dos tipos; reducción de escala estadística y la reducción de escala dinámica, así como se muestra en la figura 14. (Gaertner *et al.*, 2012).

La regionalización es el proceso de reducción de escala (Downscaling) mediante el cual las proyecciones generadas por los modelos climáticos globales GCM se ajusten a las características regionales, locales o a nivel de cuenca. Mediante el método de reducción de escala, se crea relaciones entre varios valores

estadísticas de elementos combinadas de modelos climáticos globales, tales como la precipitación o temperaturas y registros de estaciones meteorológicas (Torres, 2016).

Figura 14

Esquema ilustrativo de las metodologías de reducción dinámica y estadística



Nota: Esta figura muestra las técnicas de reducción de escala dinámica y estadística. Tomado de Francés (2017).

2.2.16.1.Reducción de escala estadístico (Statistical Downscaling)

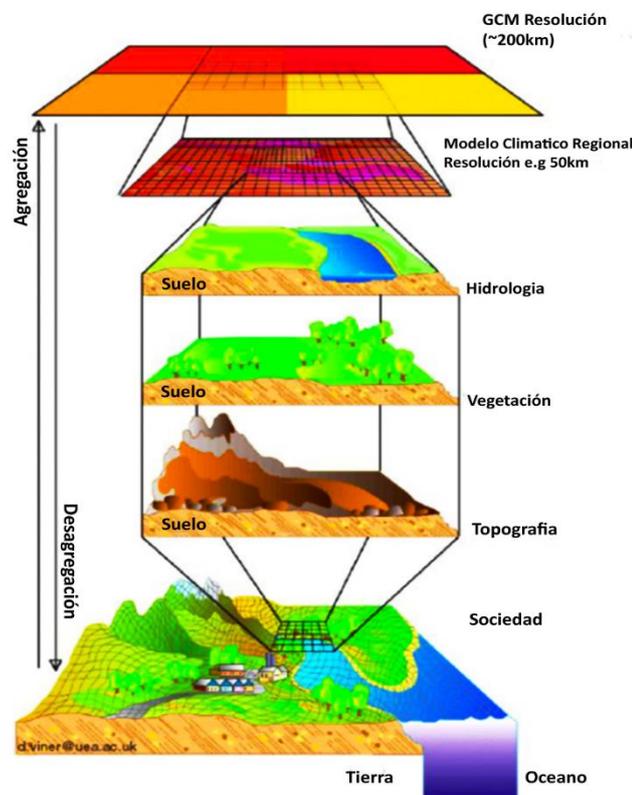
El proceso de reducción en la escala estadística, se basan en establecer correlaciones de forma empírica las variables atmosféricas en mayor escala con datos locales/regionales contempladas en la superficie terrestre, vinculadas regularmente con la temperatura y precipitación. Los modelos se calibran/ajustan usando datos de registros históricos observados, luego los modelo adquiridos se utilizan para pronosticar de manera local los escenarios globales futuros brindados por los MCG, se

pueden proyectar utilizando la formula $R= F(X)$, donde R representa la precipitación, F es la función fija y (X) es un predictor según la forma del modelo. (Gaertner *et al.*, 2012).

Las técnicas de reducción de escala estadística son aquellos que toman parámetros del modelo y las ajustan a los datos observados para modelar el clima actual, y luego son aplicados estas técnicas para proyecciones locales futuras, asumiendo que los GCM'S son estacionarios. El beneficio de estos métodos se usan la climatología real observada de las variables locales en el transcurso del periodo de referencia. (Córdova, 2015).

Figura 15

Técnicas de regionalización o reducción de escala



Nota: Esta figura muestra la adaptación de los GCM'S a las características fisiográficas de una determinada región. Tomado de: SENAMHI (2014).



2.2.16.2.Reducción de escala dinámica (Dynamic Downscaling)

Según Córdova (2015). Los métodos se basan en el uso de modelos climáticos regionales (MCR). La reducción de escala dinámica se basa en procesos físicos, para aumentar la precisión de los modelos climáticos globales, se incrusta un modelo regional del modelo global solo en el área de interés. El modelo regional utiliza los valores del modelo global como condiciones de contorno durante todo el proceso de integración, la ventaja de la tecnología dinámica es que es físicamente consistente, pero la desventaja es que requiere mucha capacidad informática y en la actualidad la resolución de la simulación está limitada a 25 kilómetros.

2.2.17. Método de vector regional

El vector regional es un método utilizado para realizar actividades básicas como: La crítica de datos, homogenización y completación – extensión de secuencias de precipitación faltantes. La teoría en los que está basado este método se asume que, para la misma zona climática afectada por el mismo régimen de precipitaciones, el total pluviométrico anual es pseudo-proporcionales, con pequeñas variaciones aleatorias cada año debida a la distribución de las precipitaciones en la zona (Espinoza, 2005).

El método del Vector Regional implica en desarrollar un tipo de estación ficticia, en función de la información disponible, a partir de un grupo de estaciones en una determinada zona de estudio, con la finalidad de sustituir lo que se desarrolla comúnmente con los métodos clásicos la comparación de dos en dos estaciones por correlación o doble masa. En cada estación se desarrolla un promedio extendido para toda la etapa de estudio, y en cada año se resuelve un

índice mayor que 1 si hay superávit en ese año, y menor que 1 si hay déficit en el año correspondiente. Esta serie de índices anuales se denomina Vector Regional porque tiene en cuenta información de regiones donde se supone que el clima es uniforme (Ortiz, 2017).

Según Espinoza (2005), en el Método Vector Regional, para realizar el cálculo de la estación vector (Ficticia) se emplea el concepto de precipitación media extendida al periodo del estudio y análisis, protegiendo las dificultades del peso de estaciones más pluviosas sobre las menos lluviosas y la ausencia de datos. Con respecto al concepto mencionado, se utiliza la metodología de mínimos cuadrados para hallar los índices pluviométricos regionales anuales Z_i , así como la precipitación media extendida P_j , y se logra minimizando la suma de la ecuación. (14).

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_i} - Z_i \right)$$

Ec. 17 Formula que se usa el vector regional.

Dónde:

i : Índice de año.

j : Índice de estación.

N : Número de años.

M : Número de estaciones.

P_{ij} : Precipitación anual en la estación j el año i .

P_j : Precipitación media extendida al periodo de N años.

Z_i : Índice pluviométrico regional del año i .



Gracias a la herramienta computacional HYDRACCES, se ejecuta el modelo de vector regional, la precisión de la calidad de una estación, está en atribución de diversos parámetros calculados, pero las variables más importantes son: La Desviación Standard de los Desvíos (D.E.D), la correlación que hay entre la estación y el vector, si en la zona es uniforme climáticamente los valores se acercaran entre si (Espinoza, 2005).

2.2.18. Producto grillada PISCO

La Dirección de Hidrología del SENAMHI – Servicio Nacional de Hidrología, ha desarrollado el producto grillado PISCO como parte del propósito de Desarrollo de Investigación Aplicada para la Gestión de Riesgo de Desastres (PREVAED).

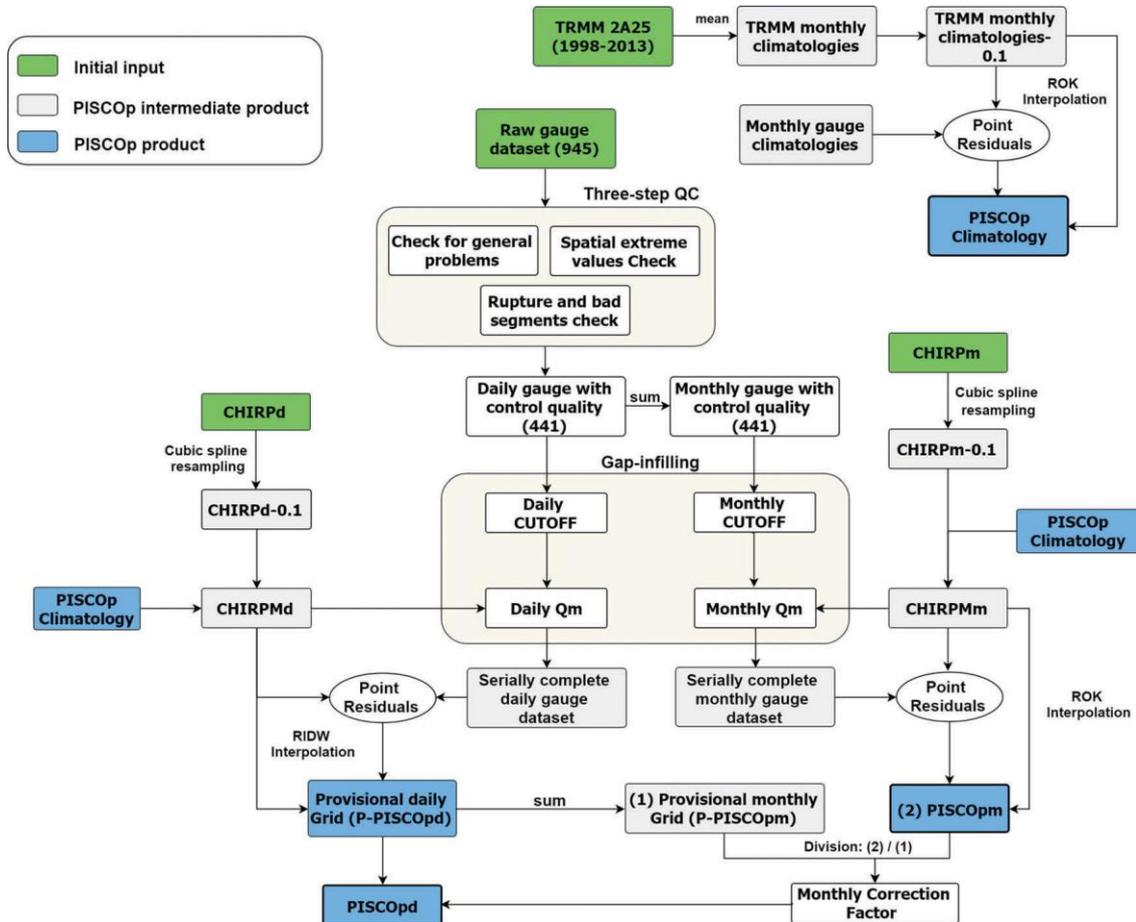
El producto de precipitación mensual PISCO que por sus siglas en ingles es denominado (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) y es presentado en su versión de escalas temporales diarias y mensuales, dicho producto forma parte del resultado de la mezcla de datos de estaciones pluviométricas, reanalizadas y la información del producto satelital, a fin de obtener una base de datos grillada en toda la nación y con alta resolución espacial de $0.1^\circ \times 0.1^\circ$, la base de datos grillados abarca para una serie temporal que empieza el 01 de enero del año 1981 hasta la actualidad (Aybar *et al.*, 2017).

El producto meteorológico de alta resolución PISCOp V.2.1 tiene la grilla de precipitación diaria y mensual de 0.1° estimadas para 1981 hasta la actualidad, se desarrolla empleando datos de los pluviómetros completos, CHIRP versión 2.0, climatología de precipitación producidos con datos, geo estadísticas y técnicas de

interpolación determinista, y factores de corrección mensuales simples aplicados a los cálculos diarios (Aybar *et al.*, 2019).

Figura 16

Esquema general de desarrollo del producto PISCOp V2,1



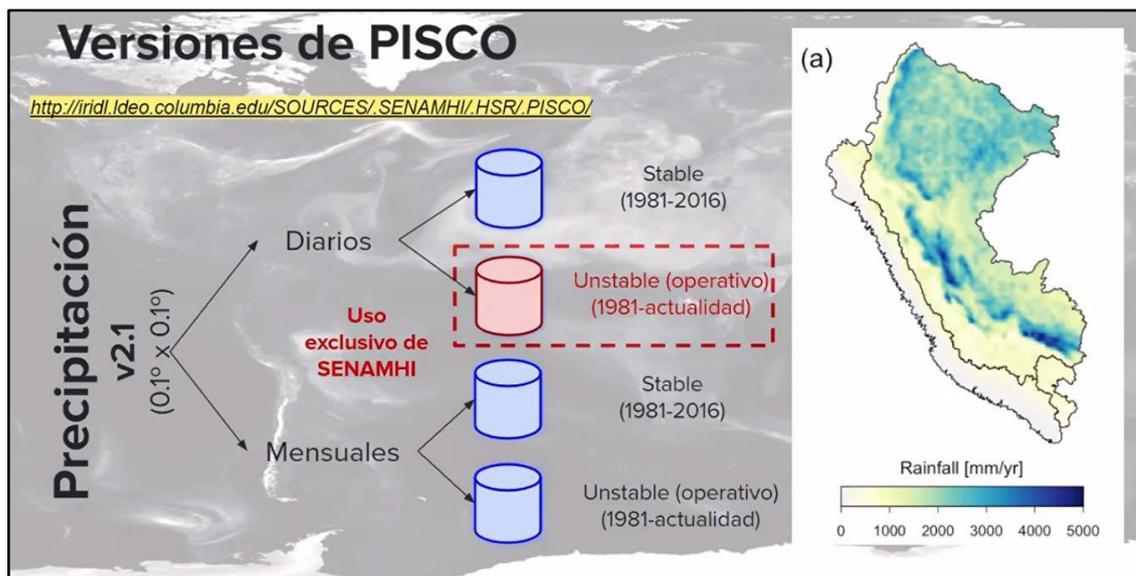
Nota: En esta figura se muestra el resumen esquemático del desarrollo, del conjunto de datos meteorológicos de alta resolución PISCO. Tomado de (Aybar *et al.*, 2019)

La información del producto grillado PISCOp V 2.1 se puede descargar el código fuente y la información adicional se encuentran disponibles en formato NetCDF “1981-2016” y GeoTIFF desde 1981 hasta el presente año en la plataforma <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/>, donde los datos grillados de precipitación están disponibles en escala espacial de 0.1° y a paso temporal diaria y mensual. Harold Llauca especialista en hidrología

en una conferencia virtual, señalo la existencia de información PISCO estable e inestable (operativas), como se muestra en la Figura 17, donde están resaltados la data operativa diaria en color rojo y contienen información desde 1981 a la actualidad, esta información es de uso exclusivo del SENAMHI para la gestión de riesgos y desastres, mientras que la grilla de precipitación mensual es de libre acceso desde en el periodo 1981 hasta la actualidad; por otro lado la información estable cuenta con un periodo de 1981 a 2016. (Aybar *et al.*, 2019; Canal SENAMHI PERÚ , 2021).

Figura 17

Clasificación de la base de datos del producto de precipitación PISCO V2.1



Nota: Tomado de (Canal SENAMHI PERÚ , 2021).

2.2.18.1. Precipitación PISCOp V2.1

Desarrollan una serie de datos de precipitación PISCOp en su versión 2.1, para obtener este producto se utilizó algoritmos de fusión, desarrollada con métodos de interpolación geostatística, y determinista con una resolución espacial de ~10km. (0.1°); incluyendo tres diversos

fuentes de precipitación: la base de datos global del proyecto CHIRP (Precipitación infrarroja del Grupo de peligros climáticos), Las climatologías de precipitación combinada con pluviómetros (medidores de radar), un conjunto de datos nacionales de pluviómetros con control de calidad (Aybar *et al.*, 2019).

2.2.18.2. Temperatura PISCOt V1.1

Para la construcción del producto PISCOt V1.1 se estableció un proceso de pasos claves desde la óptica climatológica, en donde se utilizaron: datos observados de temperatura mínima (Tn) y máxima (Tx) del aire en escala diaria, información satelital del producto temperatura de suelo (LST) del sensor MODIS (Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada), y con variables topográficas estáticas espaciales: Elevación, longitud, latitud y el índice de disección topográfica “TDI”. Tiene información de data diario a una resolución de 10 km (Huerta, et al., 2018).

2.2.19. Metodos de interpolacion de datos para una region en estudio

La interpolación es el proceso de hallar los valores de una variable dentro de una región en zonas donde no se registran los valores reales. En general, las técnicas de interpolación se basan en la observación de que los valores de las variables buscadas se parecen más a los valores medidos en zonas de muestreo colindantes que a los valores de puntos de muestreo más alejados. Aunque existen muchas técnicas de interpolación diferentes, IDW, Kriging y Natural Neighbor son las más utilizadas en hidrología (Rodas, 2022).



2.2.19.1.IDW

Según la técnica de Shepard (1968) de ponderación inversa de la distancia (IDW), el valor interpolado se ve menos afectado por la ubicación de la estimación cuanto más alejado esté de la posición del valor observado (Rodas, 2022).

2.2.19.2.Kriging

Con la excepción del cálculo de la ponderación, que se realiza utilizando el gráfico del semivariograma empírico para identificar asociaciones estadísticas y geográficas, el proceso de este método es idéntico al de IDW (Rodas, 2022).

2.2.19.3.Natural neighbour

El método de interpolación de vecino natural es una técnica propuesta por Sibson (1980), el cual se basa en el promedio ponderado de áreas alrededor de cada punto de muestreo (Rodas, 2022), Cada punto dado por ϕ_k está, por tanto, más cerca de su punto generador que de cualquier otro; como resultado, cada punto añadido r_k tiene asociado un polígono que se cruza con los polígonos de los puntos observados y, en última instancia, con la interpolación del vecino natural; estas áreas dan lugar, en última instancia, a la generación de diagramas de Voronoi (Thiessen) alrededor de cada punto, conocidos como puntos generadores (Rodas, 2022).



2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Oferta hídrica

Cambios en el estado y las características de un cuerpo de agua que se producen con frecuencia a lo largo del tiempo y del lugar y que presentan patrones, ya sean estacionales o de otro tipo (Bruno J. , 2023).

2.3.2. Cuenca

Toda el área topográfica que drena un curso de agua y todos sus afluentes aguas arriba de esta sección se consideran la cuenca hidrográfica en un segmento recto del curso de agua (Minambiente, 2022).

2.3.3. Clima

Para describir el clima se suelen utilizar la media y la variabilidad de los patrones atmosféricos, incluidas las precipitaciones, la temperatura y el viento. La OMM establece que para describir el clima debe utilizarse un término de 30 años, ya que representa las mismas condiciones climáticas a lo largo de meses, años y decenios (Espinoza F. , 2023).

2.3.4. Cambio climático

Se utiliza para describir una diferencia sustancial en los componentes climáticos a lo largo de periodos de tiempo prolongados, como muchas décadas. Como ilustración, considere la diferencia en la temperatura media entre los años 1950 y 1990 (Laura, 2019).



2.3.5. Precipitación

Pequeñas gotas de agua, de alrededor de 0,02 mm de diámetro, componen la precipitación en las nubes. Estas gotitas caen en forma de llovizna, lluvia, escarcha, nieve y granizo, y la principal diferencia entre ellas es su tamaño (Rosario, 2020).

2.3.6. Temperatura

La temperatura, que generalmente se expresa en grados Celsius, es una magnitud física que representa la energía interna de una persona, un objeto o el medio ambiente (Rosario, 2020).

2.3.7. Caudal de escorrentía

Es el agua que produce la precipitación y recorre la superficie de la tierra hasta alcanzar la salida de la cuenca (una estación hidrométrica). Esto tiene un impacto instantáneo en el escurrimiento total (Rosario, 2020).

2.3.8. Escenarios de cambio climático

Es un enfoque para proyectar metódicamente los cambios climáticos futuros; se fundamenta en métodos basados en conceptos científicos sólidos que se utilizan para predecir las reacciones de diversos sistemas ambientales ante el cambio climático futuro (Olivera, 2019).

2.3.9. Simulación hidrológica

Reproducción de entornos y eventos simulados y regulados que resultan incomprensibles de examinar sin asistencia informática (Castillo, 2022).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona en estudio está localizada en la cuenca del río Zapatilla, La elevación media de la cuenca es de 3990.65 m.s.n.m., con una altitud máxima de 4613 msnm y una altitud mínima de 3827 msnm.

3.1.1. Ubicación Política

Políticamente la cuenca del río Zapatilla está situada como se muestra en la Figura 18.

- Región: Puno.
- Provincia: El Collao y Chucuito.
- Distrito: Ilave, Pilcuyo y Juli.

3.1.2. Ubicación Hidrográfica

La cuenca del río Zapatilla, hidrográficamente pertenece al Sistema Titicaca Desaguadero Poopó Salar de Coipasa TDPS, específicamente ubicado en el área Circunlacustre.

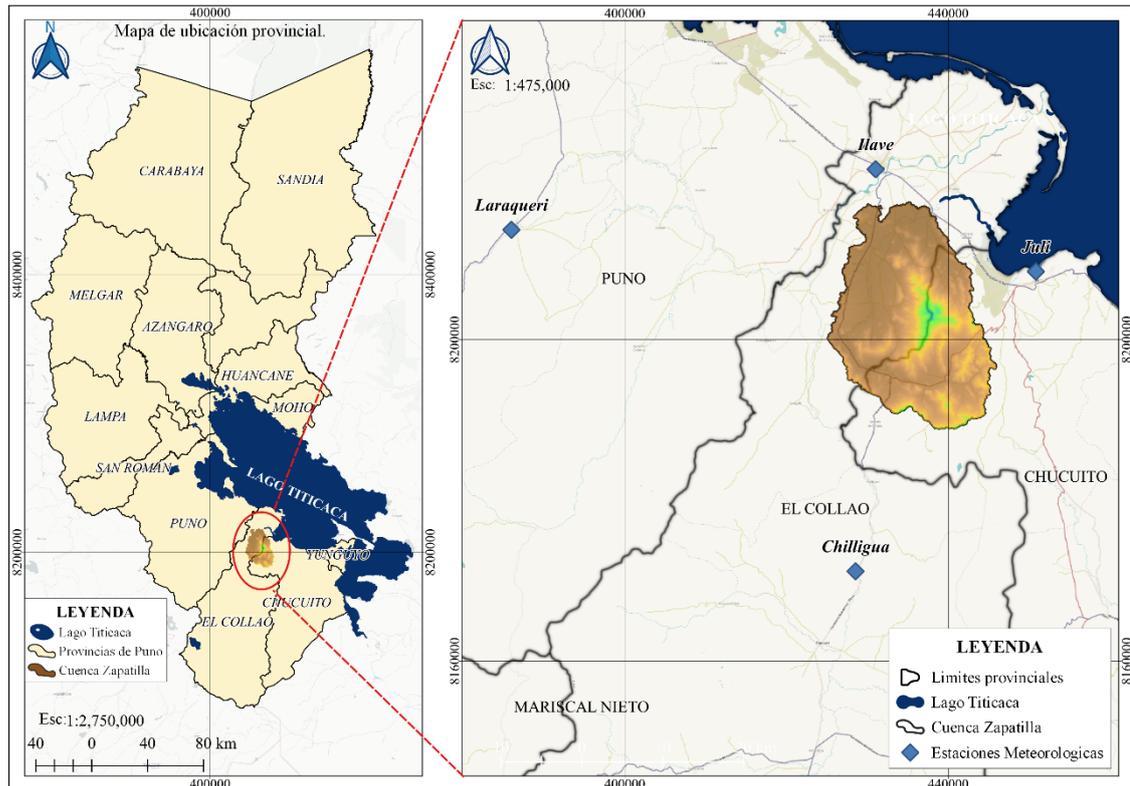
3.1.3. Ubicación geográfica

La cuenca del río zapatilla se halla en las siguientes coordenadas WGS84
UTM:

- Este: 425053.07 – 445946.14.
- Norte: 8188871.15 – 8217100.96.
- Altitud: 3827 – 4613 msnm.

Figura 18

Ubicación de la cuenca del río Zapatilla



Nota: La figura muestra la ubicación geográfica de la cuenca del río Zapatilla.

3.1.4. Vías de comunicación y accesibilidad

La principal vía de acceso y comunicación desde la ciudad de Puno, hacia el área en estudio es la terrestre, tal cual se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Vías de comunicación y accesibilidad al área en estudio.



Partida	Fin	Distancia	Tiempo	Tipo de vía	Medio de transporte
Puno	Ilave	57.0 km	0:50 h.	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Ilave	Pilcuyo	18.6 km	0:31 h	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Pilcuyo	Cuenca del río Zapatilla	10.0 km	0:10 h		

Nota: En esta tabla se muestra la accesibilidad a la zona de estudio

3.2. NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio corresponde a un nivel **aplicativo**, porque se está aplicando conocimiento teórico y científico para generar proyecciones sobre la oferta hídrica superficial en un escenario desfavorable y, cuyos resultados se puedan utilizar, para la gestión de recursos hídricos.

Asimismo, esta investigación tiene un diseño **no experimental**, porque no se ha ejecutado ninguna manipulación o control sobre las variables de estudio (Arias, 2012).

Finalmente, según Hernández y Mendoza (2018), esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se usan métodos estadísticos para analizar los resultados.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población en estudio está representada por la oferta hídrica de la cuenca del río Zapatilla.

3.3.2. Muestra

Se ha considerado un muestreo no probabilístico a juicio del investigador; ante ello la muestra es la misma detallada que la población; siendo en este caso la oferta hídrica de la cuenca del río Zapatilla.

3.4. MATERIALES

3.4.1. Información meteorológica

La serie de precipitación total mensual histórica utilizada en esta investigación, son los datos grillados PISCO operativo versión 2.1, que tienen una resolución espacial de 10 Km y, una extensión temporal de 1981 hasta la actualidad, dicho producto grillado fue generado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, para aplicaciones hidrológicas y se puede descargar de manera gratuita del portal (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SEAMHI/.HSR/.PISCO/>).

La serie histórica de temperaturas de las estaciones meteorológicas Ilave, Juli y Laraqueri son descargados de la página web del SENAMHI desde 1981 a 2022.

3.4.2. Información hidrométrica

Caudales medios mensuales de la estación hidrométrica Puente Zapatilla construido a partir de los caudales medios diarios disponible en la página de la Autoridad Nacional del Agua (<https://snirh.ana.gob.pe/observatoriosnirh/>).

3.4.3. Información meteorológica futura

En esta investigación, se utilizó los GCMs de proyección CMIP6, considerando el escenario pesimista SSP5 8.5, para predecir las precipitaciones y temperaturas futuras hasta el año 2100.

La serie de precipitación y temperatura media futura, se descargó de la plataforma Climate Explorer desde (<https://climexp.knmi.nl/start.cgi>) de manera



libre, dicho servidor proporciona datos de proyecciones climáticas globales diarias y mensuales de 40 modelos climáticos globales.

3.4.4. Información cartográfica

Modelo digital de elevación ASTER GDEM versión 3 cuadrante S17W70, dicho modelo posee una resolución espacial de 30 metros en formato GeoTIFF, la cual se puede descargar en (<https://search.earthdata.nasa.gov>).

Capa vectorial de las estaciones hidrometeorológicas en forma shapefile disponible en (<https://www.geogpsperu.com/2018/07/mapa-de-estaciones-hidrometeorologicas.html>).

3.4.5. Softwares y equipos

En la presente investigación se ha utilizado los siguientes softwares y equipos.

a) Softwares

- ArcGIS 10.3
- R Studio
- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- Hidraccess 4.2
- HEC 4
- DOSBox 0.74
- Minitab 18
- Trend

b) Equipos

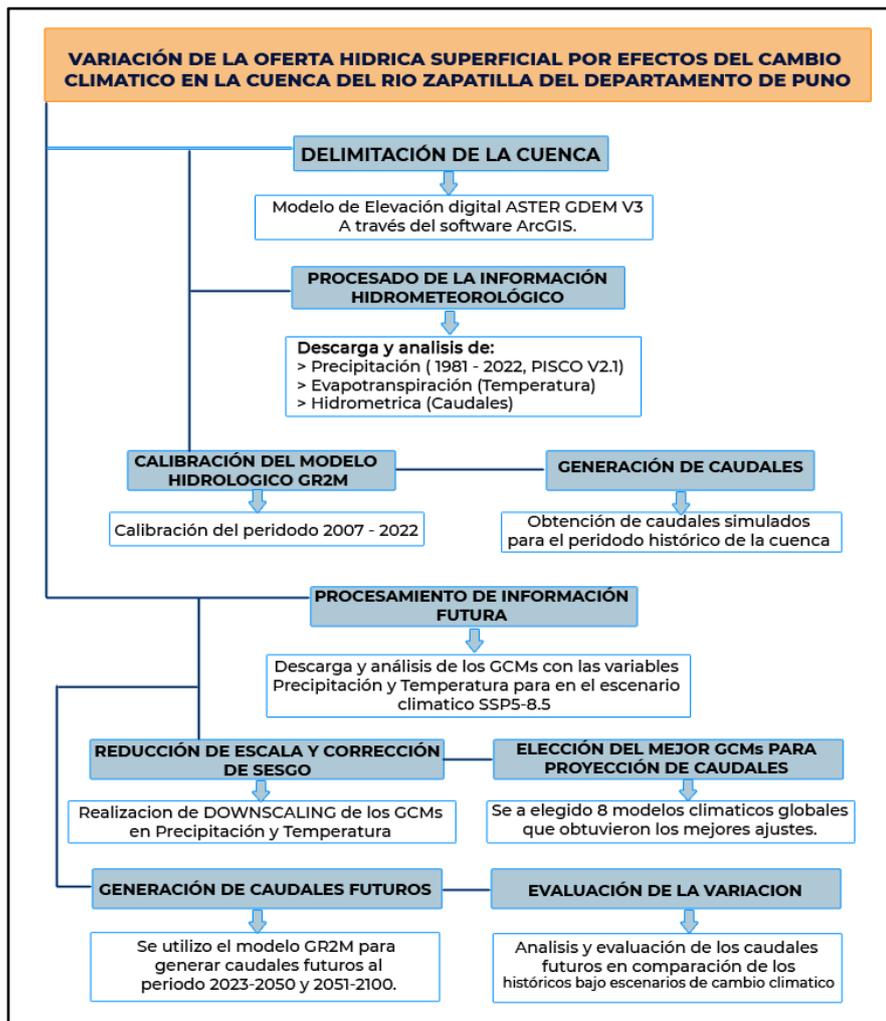
- Lapto ASUS, procesador Intel Core i7, memoria RAM de 8GB
- Camara fotografica
- Impresora laser

3.5.PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

Para el logro de los objetivos planteados en esta investigación, se procederá a ejecutar las siguientes etapas:

Figura 19

Esquema de la metodología de investigación.



Nota: En la figura se ilustra el esquema de la metodología que se utilizó.

3.5.1. Calibración del modelo hidrológico GR2M en la cuenca del río Zapatilla.

3.5.1.1. Determinación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Zapatilla.

La delimitación de la cuenca del río Zapatilla y cálculo de sus parámetros geomorfológicos se realizó a través de los algoritmos del software ArcGIS tomando información base el modelo digital de elevación ASTER GDEM versión 3 cuadrante S17W70.

Figura 20

Delimitación de la cuenca del río Zapatilla



Nota: La figura ilustra la delimitación de la cuenca del río zapatilla con ArcGis.

3.5.1.2. Análisis de consistencia de los datos hidrometeorológicos.

a) Precipitación

Se descarga los datos de pluviométricos de las estaciones meteorológicas Chilligua, Ilave y Juli del producto grillado PISCO operativo versión 2.1, que se encuentra en el Anexo 10, considerando la ubicación de las estaciones, a fin de realizar el análisis de consistencia, mediante el método de vector regional considerando la metodología descrita por Brunet Moret, todo ello para garantizar su adecuada aplicación del PISCO en la zona de estudio.

Tabla 5

Estaciones meteorológicas influyentes en la cuenca del río Zapatilla.

N°	Estación	Código	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Altitud (msnm)
1	Chilligua	158329	16°25' 9.37"	69°37'52.76"	4100 msnm
2	Ilave	000879	16°5' 17.70"	69°38' 42.00"	3880 msnm
3	Juli	000880	16°12' 13.60"	69°27' 35.70"	3812 msnm

Nota: Adaptado de <https://www.senamhi.gob.pe/>.

b) Temperatura

Por otro lado, se descarga la información observada de temperaturas máximas y mínimas de las estaciones meteorológicas Ilave, Juli y Laraqueri del periodo 1981 a 2022, con la finalidad de calcular los datos de temperatura media, la cual se muestra en el Anexo 1, luego de ello se genera el diagrama de caja de bigotes por medio del software estadístico Minitab, para determinar visualmente los datos atípicos, sumado a ello un análisis de consistencia y heterogeneidad a través del vector regional utilizando el método de Brunet Moret y finalmente después de eliminar los datos erróneos se procede a la completación de los series

de temperaturas medias con la ayuda del software HEC 4, las cuales de muestran en el Anexo 2.

c) Caudales

En cuanto al registro histórico de caudales medios mensuales de la estación hidrométrica del Puente Zapatilla que se muestran en el Anexo 1; para determinar su consistencia, se realiza el método estadístico aplicado por (Coaquira, 2023 y Anahua, 2023), quienes utilizan la prueba estadística de T Student y regresión lineal, para el análisis de saltos y tendencia respectivamente.

La prueba paramétrica T Student (t) determina si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de dos submuestras (Chiew & Siriwardena, 2005) y, se estima por medio de la siguiente formula:

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y})}{S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}$$

Ec. 18

Donde, m y n corresponden al número total de observaciones en el primer y segundo período, respectivamente, la S hace referencia a la desviación estándar de la muestra y finalmente \bar{x}, \bar{y} representan las medias de las submuestras.

La prueba paramétrica de regresión lineal (b) es útil, para evaluar si existió o no una tendencia lineal en la relación entre el tiempo (x) y la variable dependiente (y) (Coaquira, 2023). Y de acuerdo a Chiew y

Siriwardena (2005), la prueba estadística se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_1 - \bar{x})^2}$$

Ec. 19

El software estadístico Trend fue diseñado, con el objetivo de realizar pruebas paramétricas y no paramétricas, a series hidrológicas de manera más eficiente, por lo cual se utilizó dicho software para realizar las pruebas de saltos y tendencia.

Tabla 6

Ubicación de la estación hidrométrica puente Zapatilla.

Nombre	COD Estación	Cuenca	Coordenadas UTM WGS-84		Altitud (msnm)
			Este (m)	Norte (m)	
Puente Zapatilla	210801	Zapatilla	438124	8215685	3840.00

Nota: Adaptado de <https://www.senamhi.gob.pe/>.

3.5.1.3. Determinación de la evapotranspiración media

Para determinar la evapotranspiración media en la cuenca del río Zapatilla, lo primero que se hizo es calcular la evapotranspiración puntual en las estaciones meteorológicas Ilave, Juli y Laraqueri, mediante el método empírico Blaney-Criddle, a continuación, se presenta la expresión matemática utilizada.

$$E_{to} = (0.457t + 8.13) * p$$

Ec. 20



Dónde: Eto es la evapotranspiración potencial de referencia diaria, t hace mención a la temperatura media en °C y p es el porcentaje medio diario de horas de brillo solar.

Luego de calcular la evapotranspiración de referencia de las estaciones, se procederá a la interpolación de la información, mediante el método geostatístico Kriging haciendo uso del software Hidraccess, dicha información se encuentra en el Anexo 4.

3.5.1.4. Determinación de la precipitación media

La precipitación media en la cuenca del río Zapatilla se extrajo de la información mensual de las grillas del PISCO operativo versión 2.1, mediante la ejecución de un código script en el software R Studio que se muestra en el Anexo 8, teniendo como insumo la capa vectorial de la cuenca, dicha información de la data precipitación media se muestra en el Anexo 4. Se utilizaron datos desde enero de 1981 hasta diciembre del 2022.

3.5.1.5. Calibración de modelo hidrológico GR2M

La calibración del modelo hidrológico GR2M en la cuenca del río Zapatilla se realizó considerando el periodo 2007 a 2022, para la entrada de datos se utilizó un año como fase de calentamiento que corresponde a los 12 primeros meses, y la etapa de calibración se considera desde el 2008 hasta el 2022, esto se debe a que surjan la posibilidad de inconsistencias al inicio de un periodo de la simulación, esta fase es usado habitualmente para la estimación de los caudales (Llauca *et al.*, 2021). Para lo cual se

descargó la plantilla Excel del portal (<https://webgr.irstea.fr/modeles/mensuel-gr2m/>), a dicha plantilla se le ingresa el área de la cuenca y las siguientes variables que se encuentran en el Anexo 4, precipitación media, evapotranspiración media y caudales todos estos en unidades de milímetros, seguidamente se utilizó la herramienta Solver en la plantilla del modelo GR2M en Microsoft Excel, dicha función ajusta los parámetros X_1 y X_2 de forma automática en el modelo para maximizar el valor del coeficiente Nash.

Para corroborar la eficiencia de los resultados se utilizó las pruebas estadísticas de bondad de ajuste como son; coeficiente de determinación “ R^2 ”, la raíz del error medio cuadrático “RMSE”, índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe “NSE” y el sesgo estadístico relativo “PBIAS”.

- **Coeficiente de determinación (R^2)**

el coeficiente de determinación es una medida no paramétrica que nos permite estimar el nivel de relación lineal entre dos conjuntos de datos, vale decir que el valor atípico no tiene mucha influencia en el cálculo. Esta se determina por la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 21} \quad R^2 = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

Dónde: D es la diferencia entre los rangos de dos muestras y N es el número de rangos.

- **Raíz del error cuadrático medio “RMSE”**

Nos permite determinar la magnitud el error de los datos simulados en relación con los datos observados, y puede tomar datos de 0 a infinito

(positivo), donde 0 representa un ajuste óptimo y los datos de mayor tamaño indican un menor ajuste. Para realizar la operación se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Ec. 22} \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_{sim} - D_{obs})^2}$$

Dónde: (D_{sim} , D_{obs}) son datos simulados y observados correspondientemente y n es el número total de pasos del tiempo.

- **Sesgo estadístico relativo (PBIAS)**

La prueba se lleva a cabo para evaluar el porcentaje de subestimación o sobreestimación de una serie de datos simulados. Para los datos observados, con respecto al sesgo relativo puede ser positivo o negativo, donde lo negativo indica la subestimación y lo positivo indica sobreestimación. El valor perfecto es 0, la prueba descrita se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 23} \quad PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (D_{sim} - D_{obs})}{\sum_{i=1}^n D_{obs}} 100$$

Dónde: D_{obs} , D_{sim} son datos observados y simulados correlativamente, en paso de tiempo (i).

- **Coefficiente de Nash-Sutcliffe (NSE)**

Es un método de amplio uso para evaluar la predicción y eficacia de las series simuladas en modelos hidrológicos, su valor es adimensional y cambia de menos infinito a uno, según la eficiencia de Nash (Nash & Sutcliffe, 1970). Se define como:

$$\text{Ec. 24} \quad ESE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{mean})^2} \right]$$

Dónde: Y_i^{obs} : Datos observados, Y_i^{sim} : Datos simulados [L^3T^{-1}],
 Y_i^{mean} : Promedio de datos observados [L^3T^{-1}] y n : numero de intervalos temporales.

3.5.2. Estimación de la oferta hídrica superficial para el escenario climático SSP5 8.5 proyectando al año 2023 - 2050 y 2051 – 2100.

Para estimar la oferta hídrica futura, bajo el escenario climático SSP5 8.5 lo que se hizo fue; primeramente, descargar la información de los modelos climáticos globales, luego de ello se realizó la corrección de sesgo y finalmente se simula descargas mensuales para el horizonte 2023 - 2050 y 2051 - 2100.

3.5.2.1. Descarga de modelos climáticos globales (GCMs)

La serie de precipitación y temperatura media son obtenidos del portal de Climate Explore, desde (<https://climexp.knmi.nl/start.cgi>) de manera libre, donde se almacena datos de proyecciones climáticas diarias y mensuales de 40 GCMs de los experimentos de la sexta fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados CMIP6. Para esta investigación se descarga la serie climática del escenario pesimista SSP5 8.5.

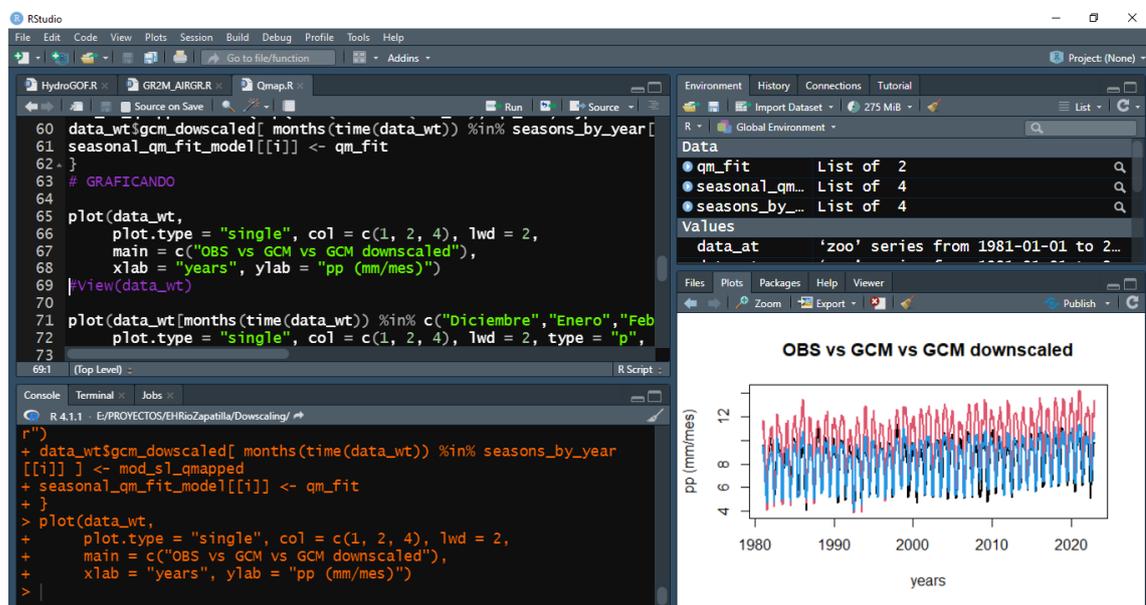
3.5.2.2. Reducción de escala espacial y corrección de sesgo

Para la reducción de escala espacial se utilizó la metodología aplicada por (Coaquira, 2023) quien realiza una reducción de escala estadística, también conocida como downscaling. Mientras que la

corrección de sesgo se realiza en función de un factor de corrección a la media, varianza y/o quintiles de la serie temporal del modelo, con la finalidad de aproximarse a la variable observada y conseguir datos simulados GCMs corregidos. Dichos procesos se ejecutan mediante una serie de líneas de código en el software RStudio tal como se muestra en la Figura 21 y los códigos Script utilizados se encuentran en el Anexo 9.

Figura 21

Reducción y corrección de los GCMs en el software RStudio



Nota: En esta imagen se muestra la reducción de escala y corrección de sesgo mediante el uso de códigos.

3.5.2.3. Selección del GCMs

Luego de corregir la información simulada de precipitación (pr) y temperatura media (tas) de los GCMs, se eligió el que tiene mayor aproximación a los datos observados y, esto se determinó usando las pruebas de bondad de ajuste KGE y PBIAS.

- **Kling-Gupta Efficiency (KGE)**

Esta función surge de la descomposición de la prueba estadística NSE y soluciona problemas en su aplicación, porque evita los valores máximos subestimados y cambian ligeramente cuando se ponderan. Se considera adecuadamente los componentes de correlación desviación y variabilidad. Los valores varían entre 0 y 1 este último es el valor óptimo. (Zúñiga *et al.*, 2012).

Esta prueba se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 25} \quad KGE = 1 - \sqrt{(CC - 1)^2 + \left(\frac{cd}{rd} - 1\right)^2 + \left(\frac{cm}{rm} - 1\right)^2}$$

Dónde: CC: Es el valor del coeficiente de correlación de Pearson,
cd: Es la desviación estándar de los valores observados, rd: Es la desviación estándar de los valores simulados, cm: es el promedio de los valores observados y rm: Promedio de los valores de simulados.

3.5.2.4. Generación de la evapotranspiración futura

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia futura para el periodo 2023 – 2050 y 2051 – 2100. se usó el método empírico Blaney-Criddle, la data de temperatura media usada fue del modelo climático global seleccionado y los resultados se detallan en el Anexo 6. A continuación se presenta la ecuación matemática utilizada del método.

$$\text{Ec. 26} \quad Eto = (0.457t + 8.13) * p$$

Dónde: Eto es la evapotranspiración potencial de referencia diaria, t hace mención a la temperatura media en °C y p es el porcentaje medio diario de horas de brillo solar.

3.5.2.5. Estimación de descargas mensuales futuras para el periodo 2023 – 2050 y 2051 – 2100

Para determinar las simulaciones futuras de la oferta hídrica superficial, para el horizonte 2023 – 2050 y 2051 – 2100 se utilizó el modelo hidrológico GR2M calibrado y, los insumos de entrada son la precipitación (mm) del modelo climático global con mayor ajuste estadístico y la evapotranspiración de referencia (mm) calculado por el método empírico Blaney-Criddle.

3.5.2.6. Efecto del cambio climático y análisis de variación de la oferta hídrica superficial en la cuenca del río Zapatilla.

Para la determinación de las variaciones de los caudales se realizó análisis utilizando resultados de las simulaciones futuras de los ocho GCMs seleccionados, los resultados se agruparon en series anuales y mensuales de caudales, para lograr el análisis de la variación porcentual se empleó la siguiente ecuación empírica:

$$\text{Ec. 27} \quad \Delta Qi = \frac{(Q_{si} - Q_{oi})}{Q_{oi}} \times 100$$

Dónde: ΔQ es la variación del caudal en el mes i , Q_{si} es el caudal simulado y Q_{oi} es el caudal observado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDROLOGICO GR2M

4.1.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Zapatilla

El área de la cuenca Zapatilla delimitado en el ArcGIS, desde la estación hidrométrica Puente Zapatilla es igual a 391.024 Km², su perímetro es de 136.215 Km, mientras que las altitudes fluctúan de 3827 a 4613 msnm, además posee una altitud media de 3990.658 msnm, tiene una pendiente media igual a 17.79 %.

4.1.2. Análisis de consistencia de la información pluviométrica

El análisis de consistencia y homogeneidad se realiza usando el método de vector regional en la Tabla 7, se muestra el cálculo por medio del método Brunet Moret con la información PISCO de las estaciones Chilligua, Ilave y Juli, donde se muestran índices de correlación mayores a 0.962, valores de desviación estándar de los desvíos cercanos al 0.

Tabla 7

Indicadores estadísticos de las series con respecto al vector

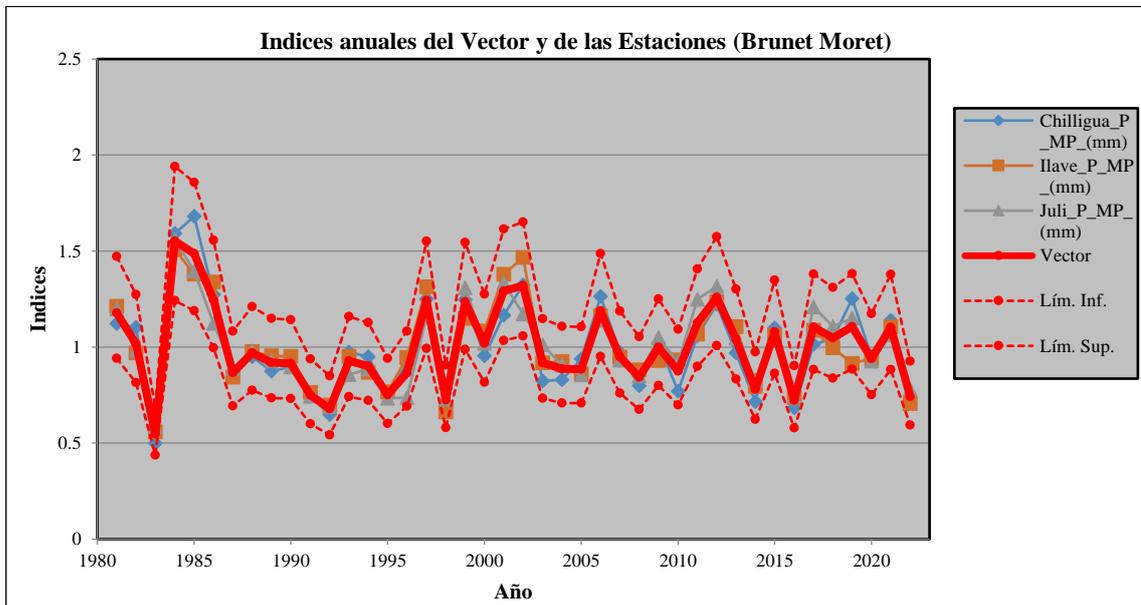
Estación	N° Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad	Correlación /Vector
Chilligua	42	0.063	0.115	0.967
Ilave	42	0.06	0.108	0.962
Juli	42	0.059	0.015	0.962

Nota: En esta tabla se muestra índices de correlación

Por otro lado, en la Figura 22, se muestra el comportamiento temporal de las estaciones; Chilligua, Ilave y Juli, donde se nota claramente que la información PISCO de las estaciones están dentro de los límites aceptables.

Figura 22

Índices anuales del vector y de las estaciones

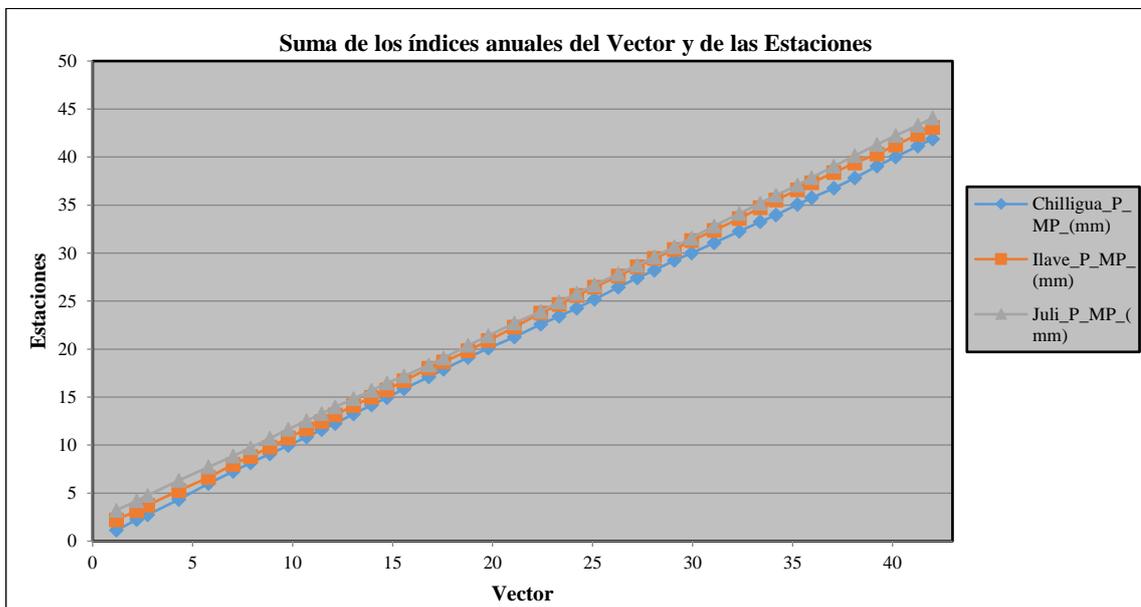


Nota: En esta figura se ilustra el comportamiento temporal de las estaciones.

Asimismo, en la Figura 23, se contempla que los índices acumulados de las estaciones no tienen cambios significativos, por el contrario, manifiesta una tendencia lineal, por lo que se puede afirmar que información PISCO en la zona de estudio es confiable.

Figura 23

Índices acumulados del vector y de las estaciones



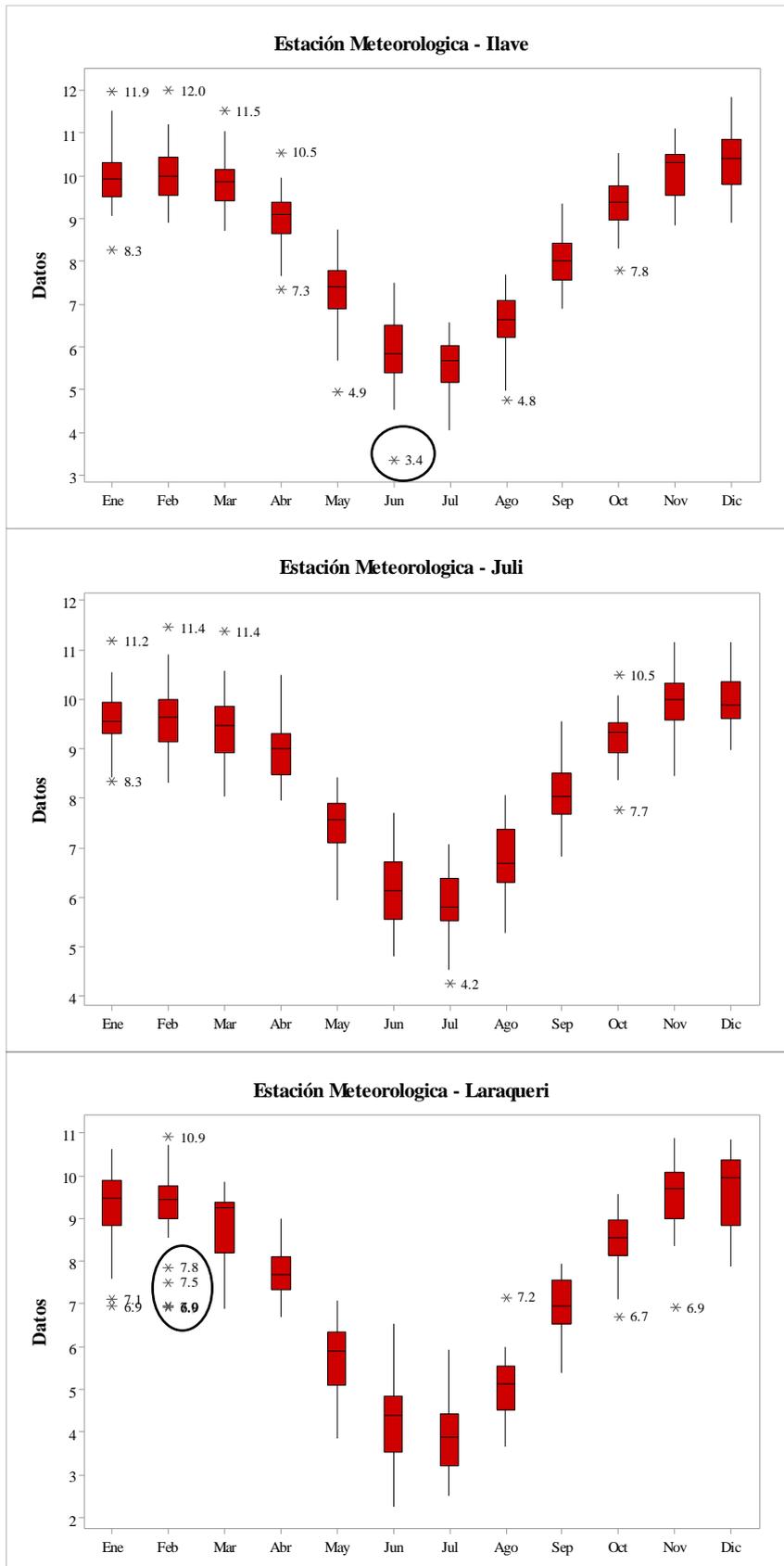
Nota: En esta figura se ilustra los índices acumulados de las estaciones.

4.1.3. Análisis de consistencia de los datos de temperatura media

La información observada de temperatura media de las estaciones meteorológicas Ilave, Juli y Laraqueri, fueron sometidas al análisis exploratorio de datos mediante del diagrama de cajas y bigotes, estos diagramas se muestran en la Figura 24, donde se detectan valores atípicos en algunos meses, luego de un análisis minucioso se decidió eliminar los datos que están encerrados en círculo.

Figura 24

Diagramas de cajas y bigotes



Nota: En esta imagen se muestra los valores atípicos en algunos meses.

Después de eliminar algunos datos atípicos se completa la información desde 1981 a 2022 con ayuda del software HEC 4, a dicha información completada se le hace un análisis de consistencia mediante el vector regional usando la metodología Brunet Moret que está dentro de las opciones avanzadas del software Hidraccess. En la Tabla 8 se muestran los resultados estadísticos del vector vs las estaciones meteorológicas, donde se visualiza que el coeficiente de correlación es mayor a 0.826 y los valores de Desviación Estándar de los Desvíos son cero.

Tabla 8

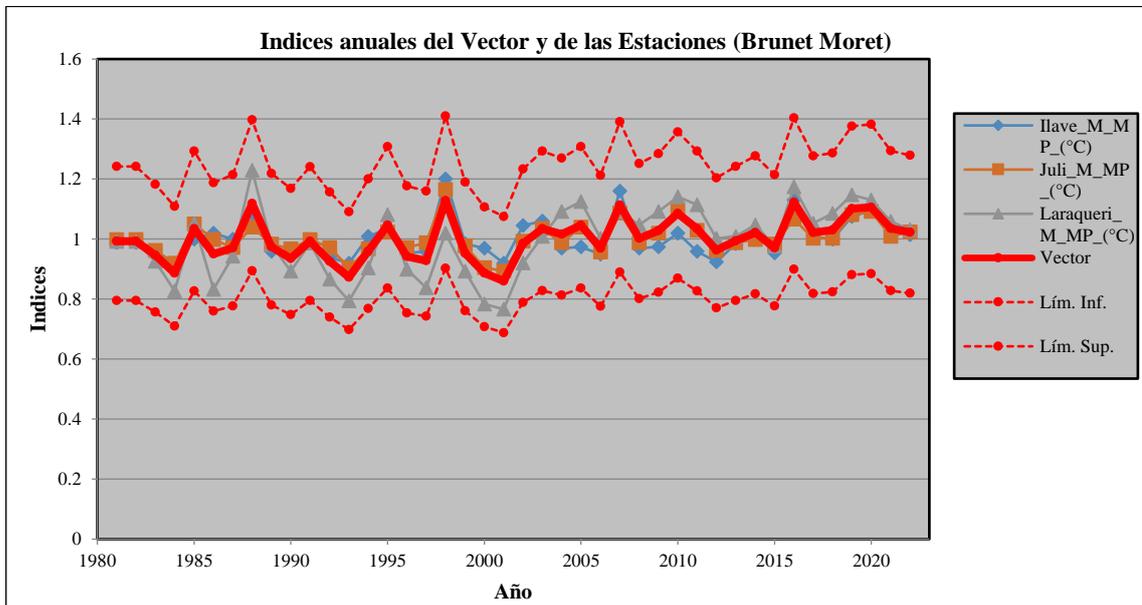
Indicadores estadísticos de las series con respecto al vector.

Estación	N° Años	D.E. Desvíos	Homogeneidad	Correlación /Vector
Ilave	42	0.039	0.001	0.826
Juli	42	0.027	0.003	0.927
Laraqueri	42	0.057	0	0.913

De acuerdo a la Figura 25, los índices del vector regional y los índices de las estaciones meteorológicas Ilave, Juli y Laraqueri tienen una variabilidad similar y se encuentran dentro de los límites aceptables, lo cual es un indicio de que la serie de datos de temperatura media son confiables.

Figura 25

Índices anuales del vector y de las estaciones

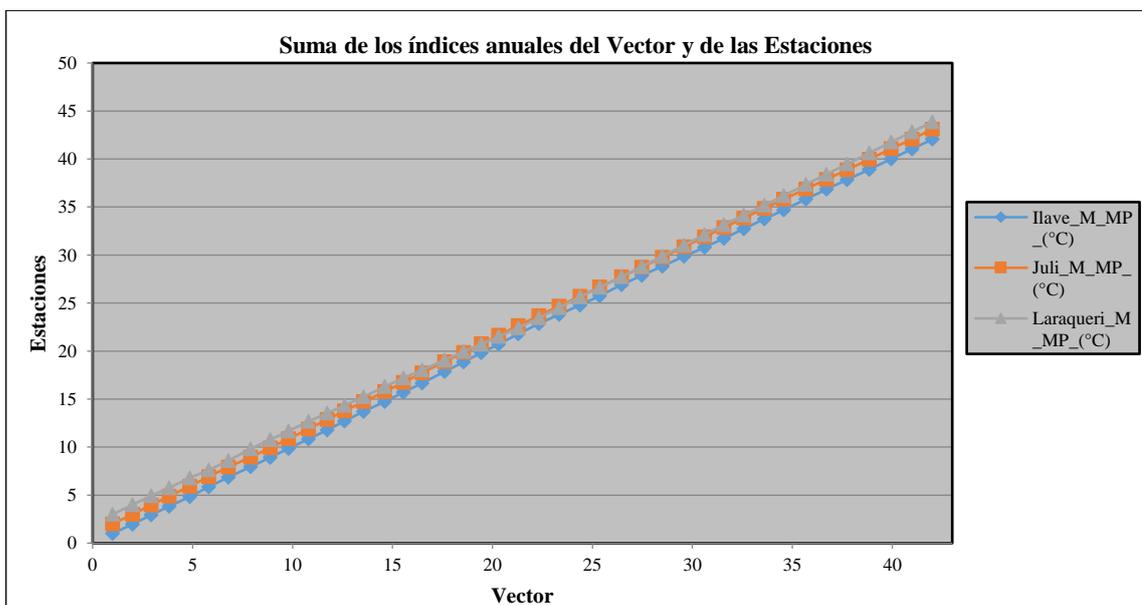


Nota: En esta figura se ilustra los índices del vector regional.

Finalmente, la Figura 26 muestra que la suma de los índices anuales del vector y de las estaciones no presentan quiebres, sumado a ello existe una tendencia lineal, por lo cual se declara consistente los datos de temperatura media.

Figura 26

Acumulación de los índices anuales del vector y de las estaciones



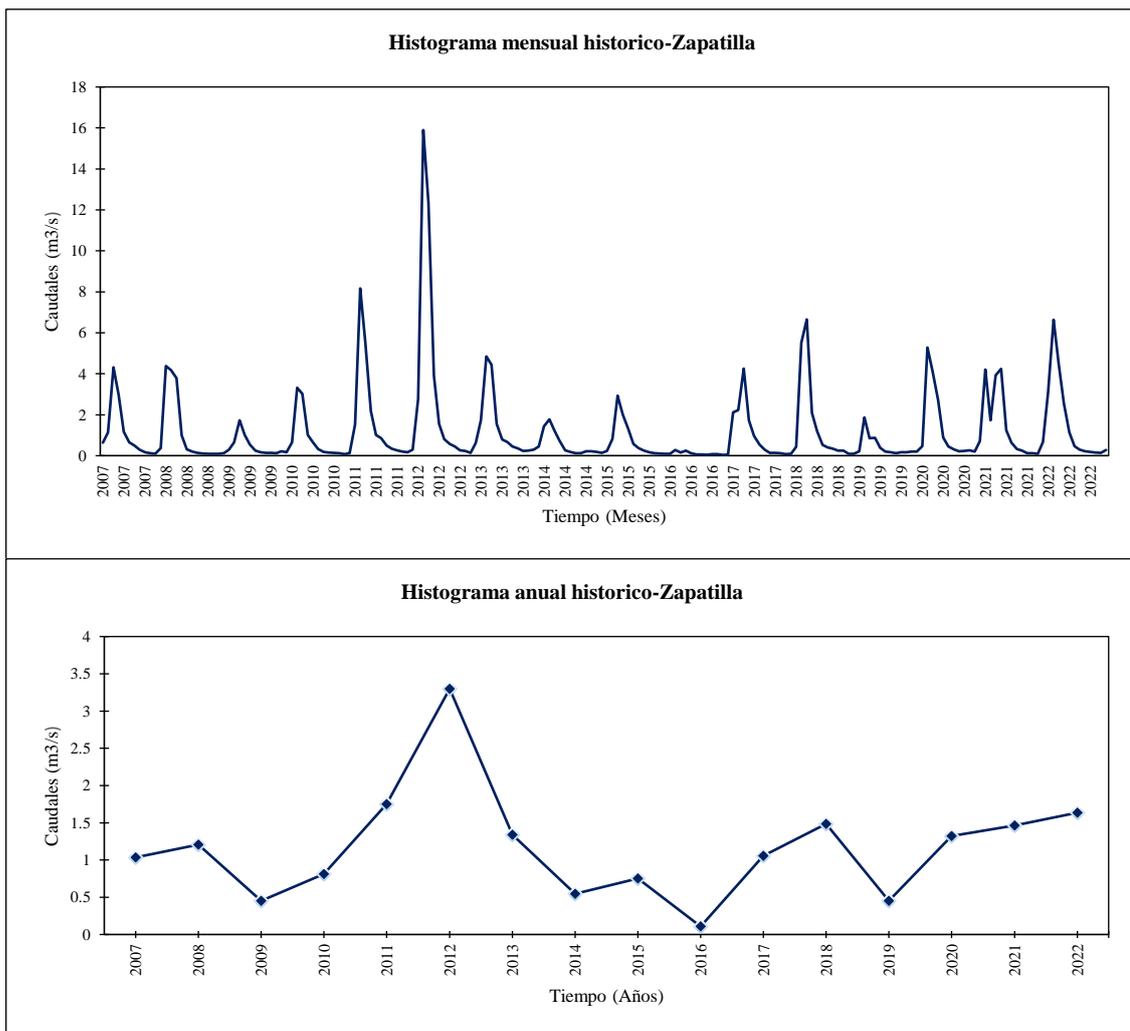
4.1.4. Análisis de consistencia de la información hidrométrica

4.1.4.1. Análisis visual

Los histogramas mensual y anual que se muestran en la Figura 27, de la estación hidrométrica Puente Zapatilla, gráficamente exponen la estacionalidad de los periodos húmedos y secos, de la misma manera se visualiza que no existe tendencia y finalmente se refleja el evento extraordinario ocurrido en el año 2012.

Figura 27

Histogramas de caudales a nivel mensual y anual



Nota: en esta figura se ilustran la estacionalidad de los periodos húmedos y secos.

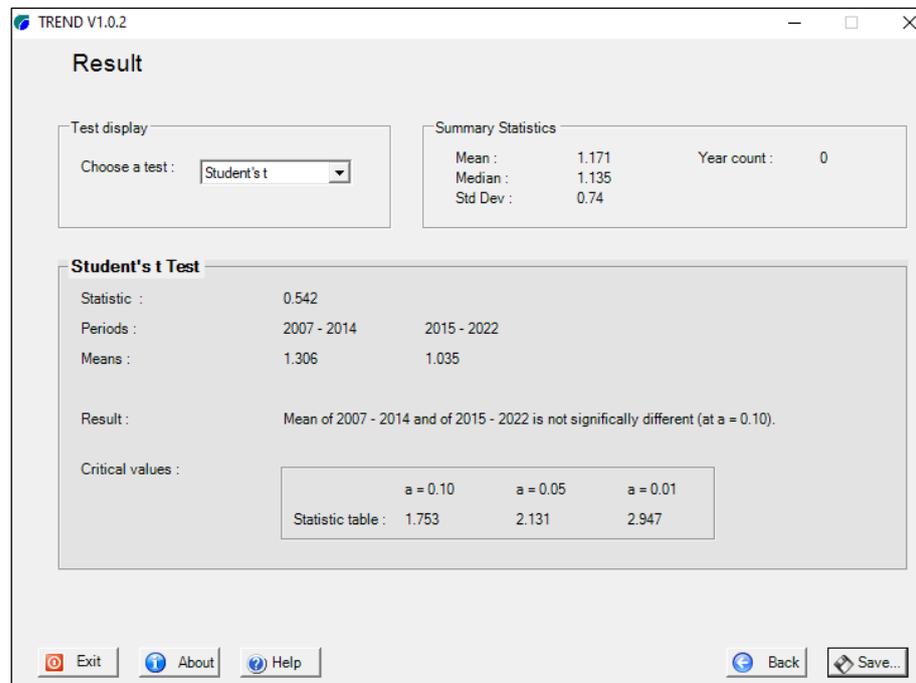
4.1.4.2. Análisis estadístico

a) Análisis de saltos

Según el reporte del Trend que se muestra en la Tabla 9 y Figura 28 no existe una diferencia estadística significativa entre los caudales medios anuales del período 2007-2014 y los caudales medios anuales del período 2015-2022, determinados por la prueba t'Student.

Figura 28

Reporte del Trend de la prueba paramétrica t Student's



La Tabla 9, muestra los resultados alcanzados por la prueba t de Student realizado a los datos hidrométricos, donde el T calculado es menor que el T tabular en todos los casos críticos (0.1 – 0.05 – 0.01), por lo que se puede concluir que los datos no presentan saltos en la media y no es necesario corregirlas.

Tabla 9

Prueba t de Student para los caudales medios anuales.

Estación	Estadística t (Tc)	Valores críticos - Tt			Resultado
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Zapatilla	0.542	1.753	2.131	2.947	NS

Nota: En esta tabla se muestra los resultados por la prueba t.

b) Análisis de tendencia

Según la Tabla 10, el valor del T calculado para la tendencia es inferior a los valores críticos determinados usando límites de significancia (0.1 - 0.05 - 0.01). Mientras que en la Figura 29, se visualiza una leve tendencia creciente a lo largo del periodo 2007 al 2022, sin embargo, dicha tendencia no es significativa estadísticamente (NS). Por ende, se puede deducir que los datos de caudal de la estación Puente Zapatilla no existe tendencia significativa.

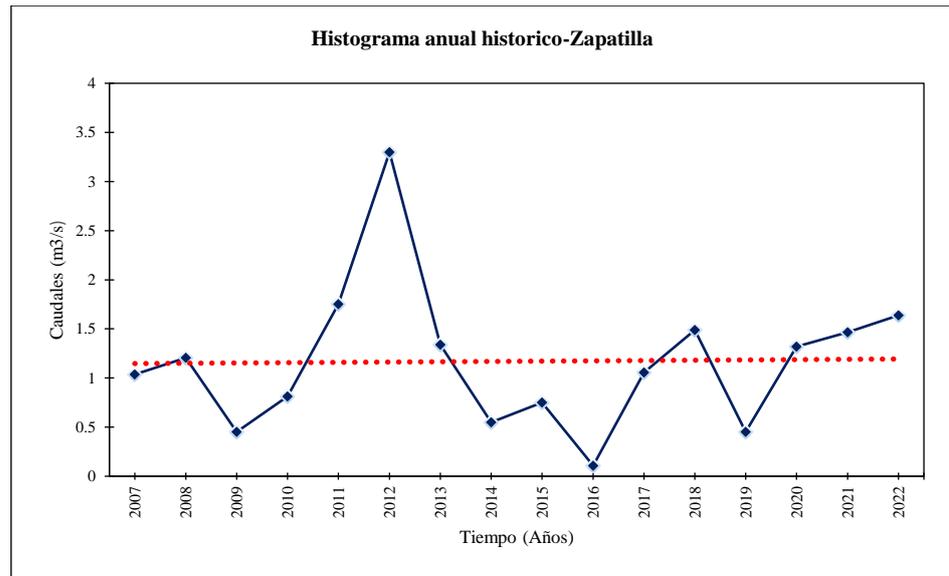
Tabla 10

Prueba de regresión lineal para los caudales medios anuales.

Estación	Estadística t (Tc)	Valores críticos - Tt			Resultado
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Zapatilla	0.073	1.762	2.145	2.977	NS

Figura 29

Análisis de tendencia de los caudales medios anuales



Nota: En esta figura se muestra tendencia de crecimiento del periodo 2007 – 2022

4.1.5. Calibración

Las variables para la calibración del modelo hidrológico GR2M en la cuenca del río Zapatilla tales como; la precipitación media (mm), evapotranspiración media (mm) y los caudales medios mensuales (mm) se encuentran en el Anexo 4. Asimismo, la Figura 30 muestra los criterios de modelación de la plantilla Excel, donde se ingresa en área de la cuenca el cual es 391.02 km² del mismo modo considera los 12 primeros meses como periodo de calentamiento, por lo que la etapa de calibración es desde el 2008 al 2022.

La calibración se realizó utilizando la herramienta Solver que está incluida en el Microsoft Excel, dicha herramienta ejecuta una función objetivo, con la finalidad de ajustar automáticamente los parámetros X_1 (Capacidad de producción del reservorio) y X_2 (Coeficiente de intercambio subterráneo) del modelo y con ello se optimizara los valores de ajuste.

En la Tabla 11, se detalla el resultado de los parámetros del modelo, después de realizar la calibración automática, en donde concluye que no hay un aporte subterráneo ya que el parámetro X2 es menor que la unidad.

Tabla 11

Parámetros calibrados del modelo GR2M.

Parámetros de calibración		
X1	Capacidad de producción del reservorio (mm)	6.26
X2	Coefficiente de intercambio subterráneo (mm)	0.88

Figura 30

Criterios de la modelación hidrológica GR2M

Station name	Cuenca Zapatilla	
Catchment area (km²)	391.02	
Model parameters	Transformed	Real
x1: Capacity of the production store (mm)	6.26	525.60
x2: Water exchange coefficient (mm)	0.88	0.88
Initial values		
Initial level S0 in prod. store (max.: x1 mm)	262.80	
Initial level R0 in routing store (max.: 60 mm)	30	
Period		
Length of the warm-up period (months)	12	
Length of the test period (months)	172	
Start date	01/2008	
End date	05/2022	
Mean observed rainfall (mm/month)	60.760	
Mean observed PE (mm/month)	100.552	
Mean observed streamflow (mm/month)	8.077	
Mean root square transformed streamflow	2.250	
Mean logarithmic transformed streamflow	1.254	
Efficiency criteria (%)		
Nash(Q)	81.92	

Nota: En esta figura se muestra los criterios de modelación (Plantilla Excel).

La Tabla 12, detalla el resultado de las pruebas de bondad de ajuste de la calibración del modelo hidrológico GR2M aplicado en la cuenca del río Zapatilla, donde los caudales simulados frente al observado presentan valores de R^2 (Coeficiente de determinación) igual a 0.82, del mismo modo el KGE (Kling-Gupta Efficiency) es igual a 0.85 el NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) es 0.82 sumado a ello el valor del PBIAS es 0.9 % y finalmente el RMSE es igual a 5.75, estos valores son considerados como un ajuste muy bueno.

Tabla 12

Pruebas de bondad de ajuste

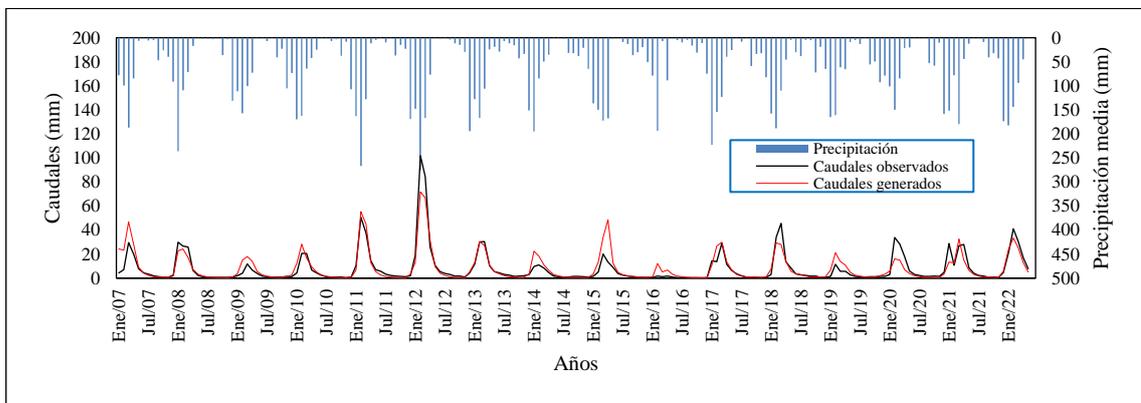
Etapa	Métricas estadísticas	Resultado
Calibración	R^2	0.82
	KGE	0.85
	NSE	0.82
	PBIAS %	0.90
	RMSE	5.75

Nota: Esta tabla muestra los resultados de las pruebas de bondad de ajuste de calibración.

La Figura 31 detalla la comparación de los hidrogramas de la descarga observada vs la simulada por el modelo hidrológico GR2M calibrado, donde la serie simulada presenta visualmente que se ajusta muy bien en la etapa seca, aunque existen sobreestimaciones y subestimaciones en los periodos húmedos, pero estadísticamente el modelo es válido y se puede aplicar para proyectar descargas futuras en la cuenca del río Zapatilla.

Figura 31

Análisis de tendencia de los caudales medios anuales



Nota: En esta figura se muestra la comparación de los hidrogramas.

4.2. OFERTA HIDRICA SUPERFICIAL PARA EL ESCENARIO CLIMATICO SSP5 8.5 PROYECTADO AL AÑO 2023 – 2050 Y 2051 – 2100.

4.2.1. Extracción de la información futura de precipitación y temperatura

En esta investigación, se usó los GCMs bajo el escenario climático SSP5 8.5, con la finalidad de pronosticar las precipitaciones y temperaturas futuras hasta el año 2100. La información de precipitación (pr) y temperatura media (tas) de los GCMs, se descargó de la plataforma Climate Explore considerando la extensión espacial de la cuenca del río Zapatilla en formato ASCII, para el periodo (1981-2100) por lo que se adiciono mayor cantidad de serie de tiempo al periodo histórico (PISCO), para la superposición con los datos (GCMs). Por otro lado, en la Tabla 13 se detalla la lista de los GCMs descargados de la plataforma.

Figura 32

Plataforma del Climate Explore

OMM Evaluación y conjunto de datos climáticos europeos KNMI

Explorador del clima

modelo	Exp	tas	tas min	tas max	pr	rsds	psl
4 BCC-CSM2-MR	ssp126	O ₁					
	ssp245	O ₁					
	ssp370	O ₁					
	ssp585	O ₁					
5 CAMS-CSM1-0	ssp126	O ₂			O ₂	O ₂	O ₂
	ssp245	O ₂			O ₂	O ₂	O ₂
	ssp370	O ₂			O ₂	O ₂	O ₂
	ssp585	O ₂			O ₂	O ₂	O ₂
6 CanESM5 p1	ssp126	O ₂₅					
	ssp245	O ₂₅					
	ssp370	O ₂₅					
	ssp585	O ₂₅					

Tabla 13

Lista de modelos climáticos globales (GCMs)

MODELO	CREACIÓN	PAÍS
ACCESS-CM2	2019	Australia
ACCESS-ESM1-5	2016	Australia
AWI-CM-1-1-MR	2018	Alemania
BCC-CSM2-MR	2017	China
CanESM5 p1	2017	Canadá
CanESM5 p2	2019	Canadá
CanESM5-CanOE p2	2019	Canadá
CESM2	2018	USA
CESM2-WACCM	2018	USA
CIESM	2019	China
CMCC-CM2-SR5	2016	Europa
CNRM-CM6-1 f2	2017	USA
CNRM-CM6-1-HR f2	2019	Francia
CNRM-ESM2-1 f2	2017	USA
EC-Earth3	2019	Europa
EC-Earth3-Veg	2019	Europa
FGOALS-f3-L	2017	China
FGOALS-g3	2017	China
FIO-ESM-2-0	2018	Oceanía



GFDL-ESM4	2018	USA
GISS-E2-1-G p3	2019	USA
HadGEM3-GC31-LL f3	2019	Reino Unido
HadGEM3-GC31-MM f3	2019	Reino Unido
INM-CM4-8	2016	USA
INM-CM5-0	2016	Rusia
IPSL-CM6A-LR	2017	Francia
KACE-1-0-G	2018	Corea
MIROC6	2017	Japón
MCM-UA-1-0	2019	USA
MIROC-ES2L f2	2018	Japón
MPI-ESM1-2-HR	2017	Alemania
MRI-ESM2-0	2017	Japón
NESM3	2016	China
NorESM2-LM	2019	Noruega
NorESM2-MM	2017	Noruega
UKESM1-0-LL f2	2018	Corea

Nota: Nota en esta tabla se muestra la lista de los (GCM) descargados de la plataforma.

4.2.2. Reducción de escala y corrección de sesgo

Debido a la baja resolución espacial de los modelos climáticos globales (GCMs) no es factible su empleo en áreas pequeñas, por lo cual se tiene que realizar una reducción de escala estadística o downscaling estadístico (Rauscher et al., 2010, como se citó en Anahua, 2023).

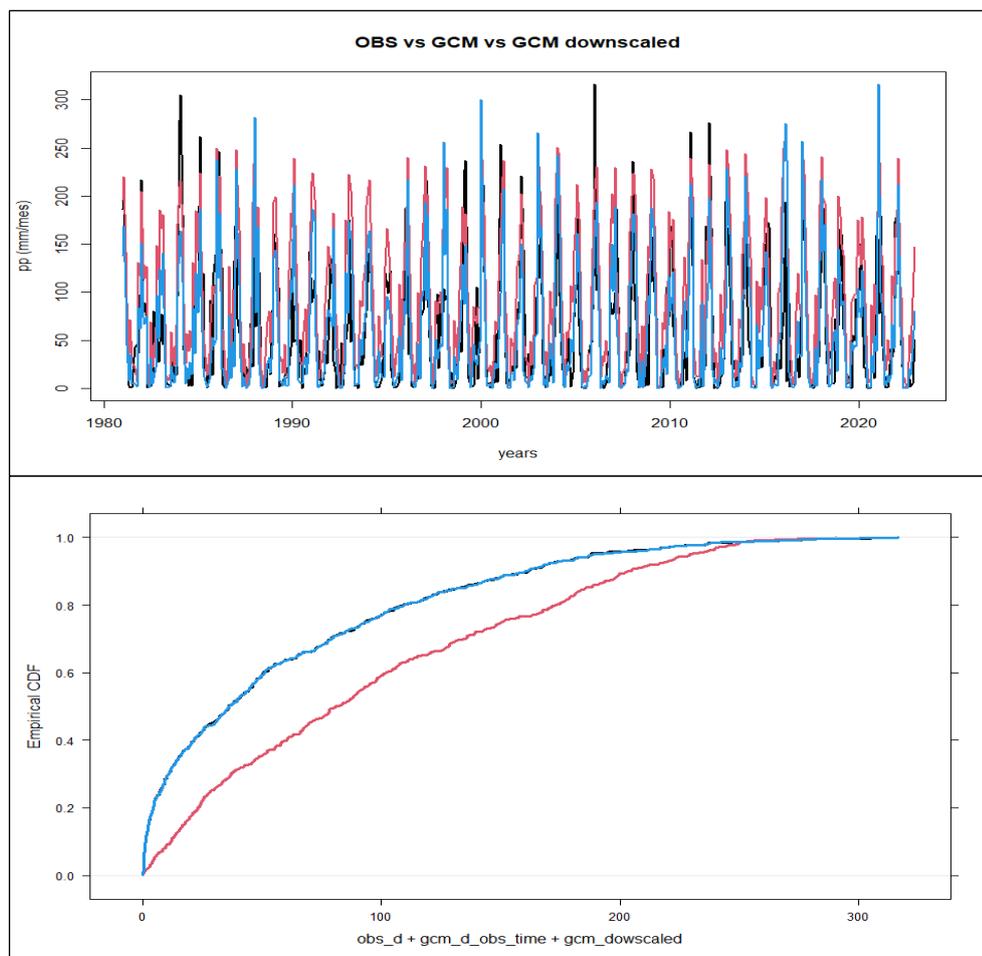
El procedimiento de downscaling estadístico que se empleó está basada en lo aplicado en la cuenca del río Huancane por Anahua (2023), quien usa el método de corrección de sesgo por medio de un proceso de ajuste lineal. Este método consistió en emplear los datos del producto de precipitación mensual PISCO operativo versión 2.1 y temperatura media interpolada observada, los cuales cuentan con un periodo de 1981 al 2022 en la cuenca del río Zapatilla, dicha información fue usada con el propósito de ajustar las series climáticas futuras de los GCMs. Ello significa ajustar los estadísticos de la media, varianza y/o quintiles de los datos del GCM a los estadísticos de los datos históricos a través de un factor,

el desarrollo se realizó con ayuda del software libre RStudio y los paquetes qmap, zoo, latticeextra los datos resultantes se hallan en el Anexo 5.

La Figura 33 presenta la función de distribución acumulativa ajustada (cdf) y el histograma observado, GCM y el GCM downscaled de la precipitación media de la cuenca Zapatilla del modelo climático global EC-Earth3. Las correcciones de sesgo de los horizontes de tiempo 2023-2050 y 2051-2100 se apoyan en los mismos grupos de funciones, debido a ello se disminuye los errores del escenario futuro SSP5 8.5. y el mismo proceso se repite para todos los GCMs.

Figura 33

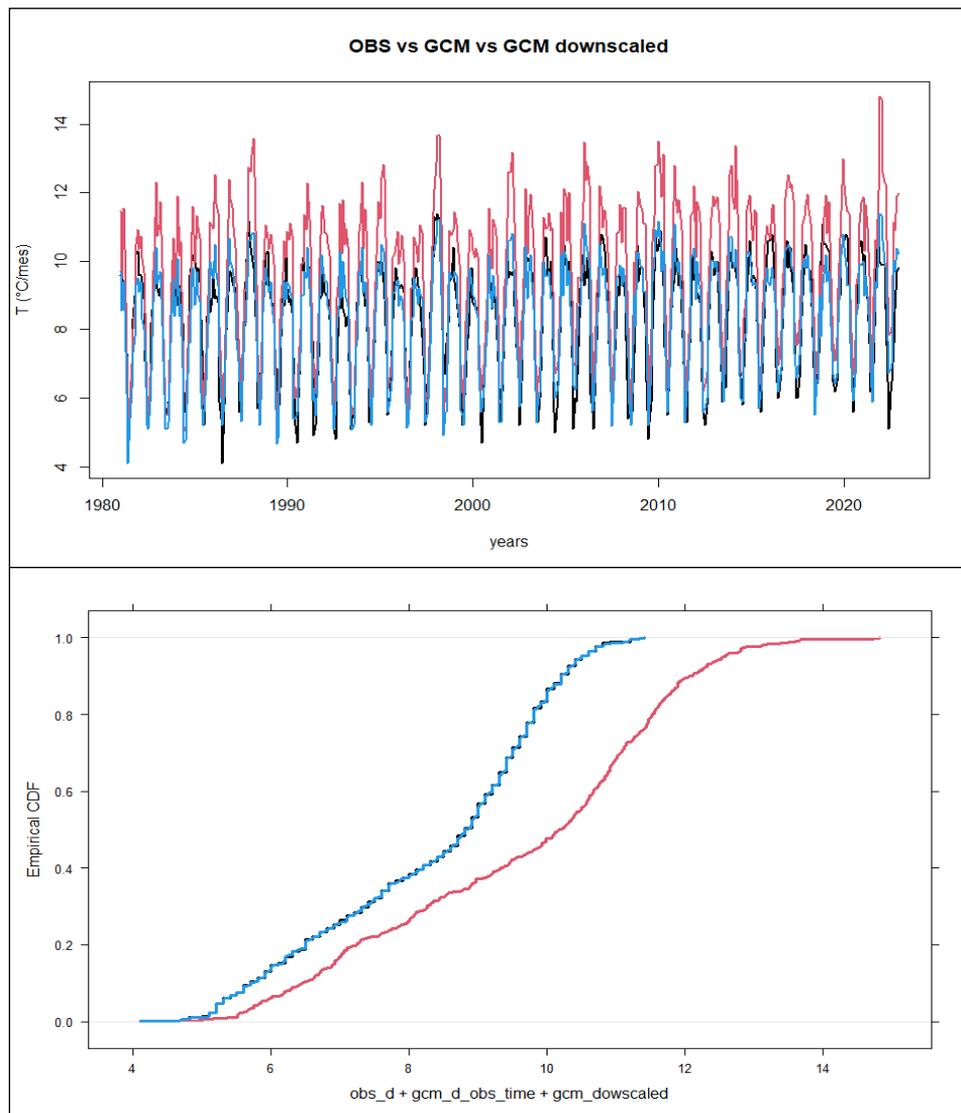
Ajuste probabilístico de los datos pluviométricos GCM EC-Earth3



Asimismo, los datos futuros de temperatura media de los modelos climáticos globales que se detallan en la Tabla 14 se reducen su resolución espacial y corrigen sus sesgos con los datos observados tal cuál se muestra en la Figura 34, donde se muestra el downscaled y disminución de sesgos del GCM CESM2. Por lo que las correcciones para los horizontes de tiempo 2023-2050 y 2051-2100 se usan las mismas funciones, debido a ello disminuye los riesgos de sobreestimación y subestimación para el escenario futuro SSP5 8.5.

Figura 34

Ajuste probabilístico de los datos de temperatura media del GCM CESM2



4.2.3. Elección del mejor modelo climático global para la proyección de caudales

La elección del mejor modelo climático global (GCM) es una tarea trascendental, para analizar los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, ya que no es suficiente verificar las variables de precipitación y temperatura en el período de control (histórico) solo a partir de un examen visual (Coaquira, 2023). Por lo que se tiene que utilizar pruebas de bondad de ajuste, con el propósito de determinar estadísticamente que GCM es más parecido a los datos meteorológicos históricos.

En la cuenca del río Zapatilla para estimar que GCM es más preciso a la información climática histórica se utilizó las pruebas de bondad de ajuste KGE (Kling–Gupta Efficiency) y el PBIAS por ser las más utilizadas por la comunidad científica.

4.2.3.1. Ajustes de la temperatura media de los GCMs

En la Tabla 14, se detallan los resultados del análisis estadístico de la temperatura media de los 8 GCMs que obtuvieron los mejores ajustes en la cuenca del río Zapatilla, donde la prueba KGE fluctúa de 0.9 a 0.91 estos valores son considerados muy buenos. Ya que el valor perfecto es 1 (Knoben *et al.*, 2019). Por otro lado, los valores del PBIAS oscilan de -0.015 a 0.012%. Estos resultados son calificados como muy buenos, debido a que el valor 0 es perfecto (Guachamín *et al.*, 2019).

Tabla 14*Ajuste estadístico de la temperatura media de los 8 GCMs*

MODELOS	KGE	PBIAS%
BCC-CSM2-MR	0.9	0.003
CanESM5-CanOE p2	0.9	-0.009
CESM2	0.91	0.012
CESM2-WACCM	0.91	-0.015
CIESM	0.9	0.003
FIO-ESM-2-0	0.9	-0.010
INM-CM5-0	0.9	-0.010
NESM3	0.91	-0.02

En función a lo manifestado en el párrafo anterior, se decidió utilizar la información de temperatura media del GCM CESM2, para la estimación de la evapotranspiración futura en la cuenca del río Zapatilla, a causa de que presenta un alto valor de KGE igual a 0.91 y un PBIAS de 0.012% tal como lo muestra la Tabla 14. Y con dicha información se calculó la evapotranspiración futura que se detalla en el Anexo 6.

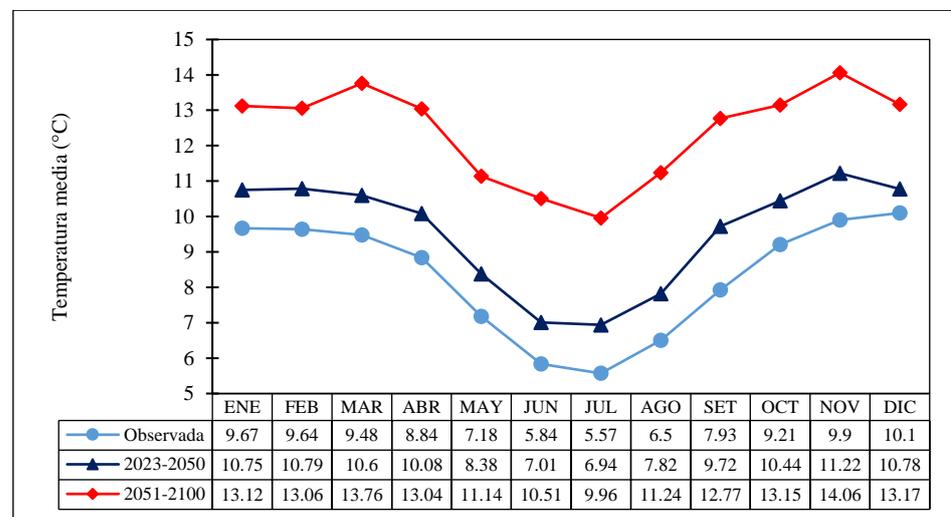
En la Figura 35 se detalla el comportamiento temporal de la temperatura media del GCM CESM2 para el horizonte 2023-2050 y 2051-2100, donde claramente se nota que hay un aumento de la temperatura media multimensual en las proyecciones 2050 y 2100, con respecto a la temperatura media multimensual observada histórica, en el mes de noviembre se presenta los valores máximos.

Asimismo, el promedio multianual de la serie histórica es 8.32 °C y la proyección futura de temperatura promedio multianual del 2023 al 2050 y 2051 - 2100 son 9.54°C y 12.42°C respectivamente, donde se presenta un aumento de 1.22°C para el horizonte 2023 - 2050, del mismo

modo se presenta un aumento, pero preocupante de 4.09°C para la proyección 2051 - 2100, todo ello según al GCM CESM2 del escenario SSP5 8.5. El IPCC estima que efectivamente la temperatura media mundial aumente de 2.6 y 4.8°C para el 2100, en comparación con el periodo histórico (Coaquira, 2023).

Figura 35

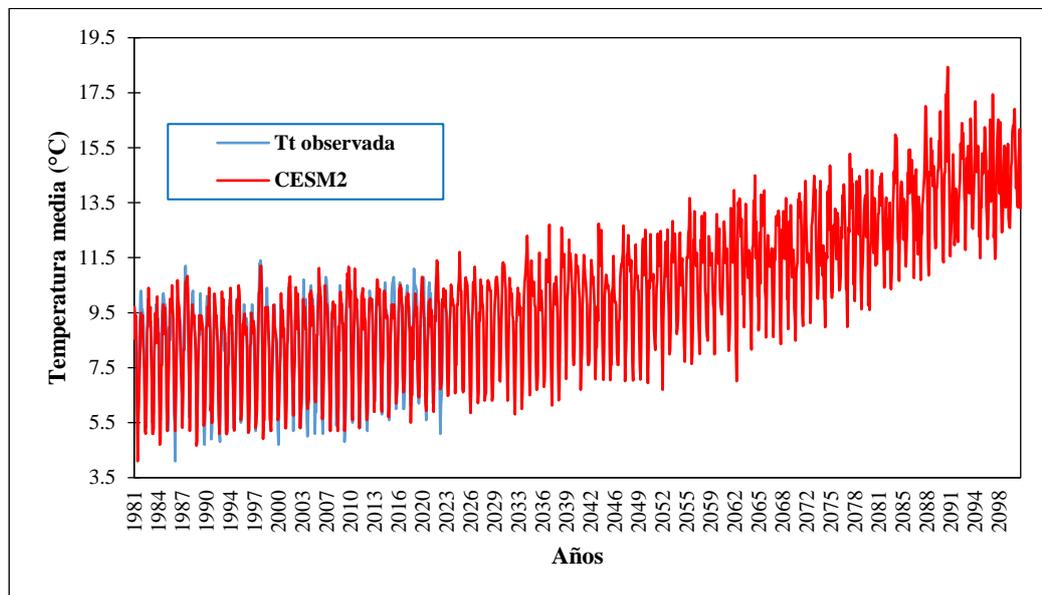
Comportamiento temporal de la temperatura media futura del CESM2



Mientras en la Figura 36, se muestra el histograma de la temperatura media futura del GCM CESM2 en la cuenca del río Zapatilla, donde se visualiza una tendencia positiva al horizonte 2100, esto debido al calentamiento global provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 36

Histograma de la temperatura media futura del GCM CESM2



Nota: En esta figura se ilustra el comportamiento del histograma media futura.

4.2.3.2. Ajuste de la precipitación de los GCMs

La Tabla 15, detalla los valores resultantes de los 8 GCMs del escenario climático SSP5 8.5 que poseen los mejores ajustes de los 36 GCMs analizados en esta investigación, en el que se visualiza que el parámetro KGE varía de 0.71 a 0.74 y el PBIAS fluctúa de -0.07 a 0.23%, estos valores son calificados como muy buenos.

Asimismo, se decidió utilizar como variable de entrada la precipitación futura del GCM MRI-ESM2-0 para la generación de caudales futuros, en virtud de que ostenta un valor alto de KGE igual a 0.73 y un valor de PBIAS cercano al 0.

Tabla 15*Ajuste estadístico de la precipitación de los 8 GCMs*

MODELOS	KGE	PBIAS%
CESM2-WACCM	0.71	-0.045
CMCC-CM2-SR5	0.71	0.07
EC-Earth3	0.74	0.09
EC-Earth3-Veg	0.73	0.23
INM-CM5-0	0.72	0.068
KACE-1-0-G	0.72	-0.07
MPI-ESM1-2-LR	0.71	0.028
MRI-ESM2-0	0.73	0.054

Nota: En esta tabla se muestra los resultados de ajustes estadísticos KGE y PBIAS%

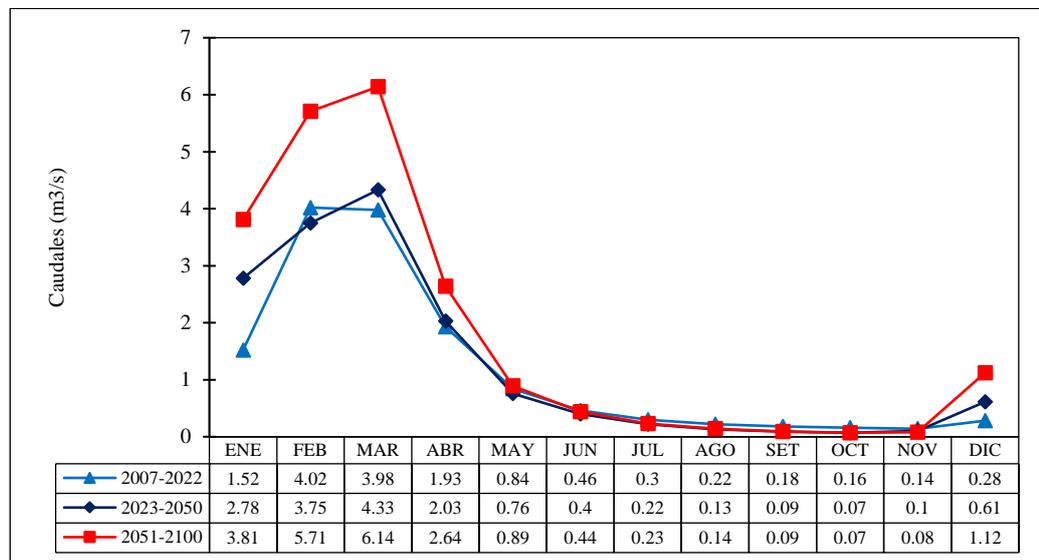
4.2.4. Caudales mensuales proyectados para el horizonte 2023 – 2050 y 2051 – 2100

La estimación de caudales medios mensuales proyectados en la cuenca del río Zapatilla para el año 2050 y 2100, esto se realizó ingresando las variables de precipitación del GCM MRI-ESM2-0 y la evapotranspiración calcula en función a la temperatura media del GCM CESM2 al modelo hidrológico GR2M calibrado.

Por lo que en el escenario de cambio climático SSP5 8.5, se observa un aumento de la oferta hídrica superficial en la cuenca del río Zapatilla en semejanza al periodo histórico. Conforme a la Figura 37, los valores resultantes de la simulación de caudales evidencian una característica común en la etapa húmeda y seca, además nos muestra que para las proyecciones 2050 y 2100 los caudales más altos se registrarán desde el mes de enero a marzo los cuales varían de $2.78\text{m}^3/\text{s}$ a $6.14\text{m}^3/\text{s}$.

Figura 37

Caudales medios mensuales simulados bajo el escenario climático SSP5 8.5



Nota: En esta figura se muestra los resultados de la simulación de caudales.

4.2.4.1. Variación de la oferta hídrica anual bajo el escenario climático SSP5 8.5

Con la finalidad de analizar la variación de la oferta hídrica superficial del GCM MRI-ESM2-0 bajo el escenario de cambio climático SSP5 8.5, se ha usado el índice de variación porcentual (Δ %) en los caudales medios multianuales. El índice se determinó cotejando los caudales proyectados para los años 2050 y 2100 con las descargas históricas.

Según la Tabla 16, la variación porcentual anual de la oferta hídrica en la cuenca del río Zapatilla bajo el escenario de cambio climático SSP5 8.5, muestra que en el futuro cercano (2023-2050) se aumentara los caudales hasta en un 11.40%, también se presentara un aumento de las descargas para el futuro lejano (2051-2100) de 56.14%.

Tabla 16*Variación del promedio multianual de caudales del GCM MRI-ESM2-0*

Caudal promedio multianual (m3/s)			$\Delta\%$ Promedio	$\Delta\%$ Promedio
Histórico	2023-2050	2051-2100	anual 2023-2050	anual 2051-2100
1.17	1.27	1.78	8.55	52.14

Nota: En esta tabla se muestra la variación porcentual de la oferta hídrica.

4.2.4.2. Variación de la oferta hídrica mensual bajo es escenario climático SSP5 8.5

La variación de la oferta hídrica mensual futura según el GCM MRI-ESM2 en la cuenca del río Zapatilla, que se detalla en la Tabla 17, indica que los caudales futuros al horizonte (2023-2050) se aumentara hasta en 1.26 m³/s en el mes de enero siendo este la mayor variación, asimismo para el horizonte lejano (2050-2100) se presentara un mayor aumento de caudal, de 2.29 m³/s en el mes de enero y una disminución de -0.09 m³/s en el mes de setiembre y octubre.

Tabla 17*Caudales medios multimensuales históricos y futuros*

Meses	Caudales históricos (m3/s)	Caudales simulados (m3/s)		Diferencia en (m3/s)	
		2023-2050	2051-2100	2023-	2051-
				2050	2100
Enero	1.52	2.78	3.81	1.26	2.29
Febrero	4.02	3.75	5.71	-0.27	1.69
Marzo	3.98	4.33	6.14	0.35	2.16
Abril	1.93	2.03	2.64	0.10	0.71
Mayo	0.84	0.76	0.89	-0.08	0.05
Junio	0.46	0.4	0.44	-0.06	-0.02
Julio	0.3	0.22	0.23	-0.08	-0.07
Agosto	0.22	0.13	0.14	-0.09	-0.08
Setiembre	0.18	0.09	0.09	-0.09	-0.09



Octubre	0.16	0.07	0.07	-0.09	-0.09
Noviembre	0.14	0.1	0.08	-0.04	-0.06
Diciembre	0.28	0.61	1.12	0.33	0.84

Nota: En esta tabla se muestra los caudales históricos y futuros.

Por otro lado, para medir la variación % de la oferta hídrica mensual futura en la cuenca del río Zapatilla, se utilizó el índice de variación porcentual (Δ %) cuyos resultados se detallan en la Tabla 18, donde la Δ % del promedio multimensual del horizonte (2023-2050) demuestra que la mayor variación del caudal de 117.86% se presentaría en el mes de diciembre y en el mes de abril se alcanzaría la menor variación de 5.18%; asimismo para el futuro lejano (2051-2100) la mayor variación de 300% se presentaría en el mes de diciembre y la menor variación de 5.95% que se ostentaría en el mes de mayo.

Del mismo modo la Tabla 18, detalla que el horizonte (2023-2050) el periodo húmedo experimentaría un aumento de 41.60% con respecto a los caudales históricos y una disminución de -32.14% en el periodo seco; también se nota que para el horizonte (2051-2100) las descargas en el periodo húmedo aumentan hasta en un 116.75% y disminuirá en un -29.6% en la etapa seca.

Tabla 18*Variación del promedio mensual de caudales del GCM MRI-ESM2-0*

Meses	$\Delta\%$ Promedio multimensual	
	2023-2050	2051-2100
Enero	82.89	150.66
Febrero	-6.72	42.04
Marzo	8.79	54.27
Abril	5.18	36.79
Mayo	-9.52	5.95
Junio	-13.04	-4.35
Julio	-26.67	-23.33
Agosto	-40.91	-36.36
Setiembre	-50.00	-50.00
Octubre	-56.25	-56.25
Noviembre	-28.57	-42.86
Diciembre	117.86	300.00
Periodo húmedo	41.60	116.75
Periodo seco	-32.14	-29.60

Nota: La tabla muestra la variación de la oferta hídrica multimensual.

4.3. DISCUSIONES

En la presente tesis de investigación de acuerdo a los resultados alcanzados, se muestra un panorama sobre el comportamiento de la oferta hídrica superficial en la cuenca del río Zapatilla, con relación al cambio climático para el periodo 2023 – 2050, las proyecciones en la cuenca indican que se presentara un incremento de la oferta hídrica en 8.55%, donde el caudal promedio anual será de $1.27\text{m}^3/\text{s}$ en relación al periodo histórico, y 52.14% de los caudales anuales en el horizonte de 2051 – 2100, y el caudal promedio anual será de $1.78\text{m}^3/\text{s}$, para lo cual los resultados se comparan con los antecedentes de investigaciones de similar estudio.

En la investigación de Pilares, Montalvo *et al.*, (2018), en la cuenca del río Cabanillas bajo escenarios de cambio climático, proyectado al año 2099, corroboran en



los resultados, sobre las aportaciones hídricas concluyendo en el aumento de 15% y un 20% de la disponibilidad de agua, en donde emplearon los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. De igual manera Santos (2016), en su investigación realizado en la cuenca del río Coata para los futuros escenarios del cambio climático en un horizonte 2050 a 2075, utilizando el modelo hidrológico (GR2M) bajo es escenario RCP8.5, concluye como resultado que la oferta hídrica anual presentaría un incremento de 6.3% en el nivel mensual el mayor incremento presenta en marzo con 19.2% y la menor disminución en noviembre con -27.4%. El estudio de Linares (2020), realizado en la cuenca del río Lampa, utilizo información del Modelo Climático Global MIROC5 del producto NEX – GDDP de la NASA bajo en modelo hidrológico GR2M, para el periodo futuro de 2073 – 2099, obtuvo como resultado incrementos en los caudales de $\Delta Q = 24.7 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de marzo en RCP4.5 y $\Delta Q = 94.1 \text{ m}^3/\text{s}$ con RCP8.5. De igual manera Laura (2019), en su investigación en la cuenca del río Ilave, sobre efecto del cambio climático en la oferta hídrica, los resultados indican el suministro del agua disminuiría con respecto al pasado histórico un -3% y un -24% y para el futuro lejano (2070-2100) previsto por el RCP8.5 se produciría un aumento del 58% mensualmente, las variaciones se observarían en febrero con -8%, marzo 22%, abril 31% y noviembre 17%, estacionalmente el otoño registro una subida del 82%. Todo ello indica que los estudios e investigaciones realizadas en las proyecciones del cambio climático sobre la oferta hídrica, puede sufrir variaciones en las diferentes cuencas porque cada cuenca tiene su propio régimen hidrológico. En el presente estudio realizado se muestra un incremento del caudal promedio multianual.

Finalmente, las investigaciones realizadas como antecedentes para la investigación de la cuenca del río Zapatilla, demuestran el incremento en los caudales y la variabilidad e influencia del cambio climático, vale precisar que el futuro es incierto,



es necesario realizar más estudios, la investigación realizada contribuye a un futuro panorama, en el comportamiento del régimen hidrológico en la cuenca del río Zapatilla.

V. CONCLUSIONES

- La calibración del modelo hidrológico agregado GR2M en la cuenca del río Zapatilla de acuerdo a los resultados tiene un desempeño considerado como muy bueno, ya que el R2 es igual a 0.82, del mismo modo el NSE es 0.82, el KGE es 0.85 sumado a ello el valor del PBIAS es 0.9 % y finalmente el RMSE es igual a 5.75, estos valores reflejan que los caudales simulados son muy parecidos a la observados y que el nivel de error y sobreestimación son muy bajos.
- Las proyecciones climáticas futuras en la estimación de descargas bajo el escenario pesimista SSP5 8.5 en la cuenca del río Zapatilla, indican que se presentara un aumento anual de 8.55% (2023-2050) y 52.14% (2051-2100) de la oferta hídrica superficial, esos incrementos se manifestaran con mayor intensidad en los meses de diciembre y enero, por lo cual se tendría un alza en el periodo húmedo de 41.6% para el horizonte 2023 - 2050 y 116.75% al 2051 - 2100; mientras que en el periodo seco debido al cambio climático los caudales tendrán una disminución de -32.14% y -29.60% respectivamente.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar nuevos métodos, para la reducción de escala espacial y corrección de sesgo, y con ello determinar que método reduce la incertidumbre de los Modelo Climáticos Globales en generación de caudales futuros en la cuenca del río Zapatilla.
- La escasez de información hidrométrica en la cuenca del río Zapatilla, limito el proceso de la validación, por lo cual se recomienda potencializar la estación hidrométrica del puente Zapatilla, con el fin de validar el modelo hidrológico GR2M en el futuro cercano, esto con la finalidad de obtener una representación más confiable en la zona de estudio.
- Se recomienda preparar un plan de adaptación al cambio climático en colaboración con los gobiernos regionales y locales, teniendo en cuenta las características fisiográficas de la cuenca del río Zapatilla y los posibles aumentos futuros en la oferta hídrica.
- Se recomienda que las autoridades encargados de la gestión de los recursos hídricos planten estrategias en la cuenca del río Zapatilla, con el propósito de contrarrestar los eventos destructivos provocados por el cambio climático.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AEMET, & OECC. (2021). Cambio Climatico: Bases Fisicas. Guia Resumida del Sexto Informe de Evaluacion del IPCC. Grupo de Trabajo I. *Climate Change. The Physical Science Basis*.
- ANA. (2009). Evaluación de los Recursos Hidricos en la Cuenca del Río Ilave. *Estudio hidrológico, Autoridad Administrativa del Agua, Puno*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3888>
- Anahua, E. (2023). Evaluación de la oferta hídrica superficial bajo escenarios de cambio climático en la cuenca del río Huancané. [Tesis de pregrado] *Universidad Nacional del Altiplano, Puno*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20929>
- Arias, F. G. (2012). El Proyecto de investigación introducción a la metodología científica. [Archivo pdf]. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Arsenault, R., Brissette, F., & Martel, J. L. (2018). The hazards of split-sample validation. *Journal of Hydrology*, 566, 346–362.
- Aveiga, H., & Caiza, H. (2018). Análisis comparativo de resultados hidrológicos obtenidos con los modelos HEC-HMS, GR4J, AWBM Y TANK MODEL, en la cuenca del rio Alambi. [Tesis de Pregrado.] *Universidad Central del Ecuador*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/102b3201-f839-4cd6-9ce0->
- Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F., & Obando, O. (2019). *Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day, Hydrological Sciences Journal*. doi:<https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>
- Aybar, C., Lavado, W., Huerta, A., Fernández, C., Vega, F., Sabino, E., & Felipe, o. (2017). Uso del Producto Grillado “PISCO” de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. *SENAMHI*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-8.pdf>



- Baena, G. (2017). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION serie integral por competencias*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Balairón, L. (2009). *Gestión de recursos hídricos*. Barcelona: reimpresa; Ediciones UPC.
- Bruno, J. (2023). Análisis de fuentes de incertidumbre en los modelos climáticos CMIP6 para las proyecciones climáticas de temperatura y precipitación en Sudamérica. *Universidad Agraria la Molina, Lima*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5666>
- Cabrera, J. (2012). *Calibración de Modelos Hidrológicos*. PDF, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Obtenido de https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf
- Cabrera, J. (2013). *Modelos agregados: GR2M*. SSPP, 1, 4. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_6.pdf&ved=2ahUKEwif15fVtlaFAxUXlrkGHfaRBrlQFnoECBAQA&usg=AOvVaw2Fc6334CSWVPmYOZfcZ9BK
- Canal SENAMHI PERÚ . (21 de junio de 2021). *Senamhi Semana de la innovación 2021 - producto PISCO*. Obtenido de Archivo de video: <https://www.youtube.com/watch?v=dVKc2zFPr3k>
- Castillo, E. (2022). Evaluación de una modelación hidrológica implementada en WEAP como herramienta para el desarrollo de un futuro modelo operacional de la cuenca del río Itata. *Universidad de Concepción*.
- Chiew, F., & Siriwardena, L. (2005). *Trend, trend and change detection software*. University of Melbourne, Victoria. CRC for Catchments.
- Chong-yu Xu. (2002). *"Hydrologic models"*. Uppsala University, Suecia. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/350805301/Hydrology-Modelling>
- Coaquira, L. (2023). Estimación de la oferta hídrica en la cuenca del río Ilave en condiciones de cambio climático. *Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20197>



- Córdova, D. (2015). Análisis de la precipitación futura en la cuenca Chancay - Huaral mediante el modelo GCM-MRI. *Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/2174>
- Devi, G. K., Ganasri, B. P., & S., D. G. (2015). *A Review on Hydrological. Aquatic Procedia*, Icwrcoe. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.126>
- Escoto, A., Sánchez, L., & Gachuz, S. (2017). Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(3 (96)), 670-675.
doi:<http://dx.doi.org/10.24201/edu.v32i3.1684>
- Espinoza, F. (2023). Impacto del cambio climático en la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Llanganuco, cordillera Blanca-Perú, años 2020-2100. *Huaraz: [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo*.
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5664>
- Espinoza, J. C. (2005). El Método del Vector Regional de Índices Pluviométricos. 1-2.
<https://1library.co/document/4zp174oz-el-metodo-del-vector-regional-de-indices-pluviometricos.html>
- Fattorelli, S., & Fernandez, P. C. (2011). *Diseño hidrológico* (Segunda edición ed.). España: Biblioteca virtual WASA-GN.
- Fernandez, A. (2011). Aguas Residuales en el Peru, Problematica y uso en la Agricultura. *Lima - Perú*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4516>
- FLOWEN. (23 de Diciembre de 2020). Agua y Saneamiento en tiempos de COVID-19. *Flowen*. Obtenido de <https://flowen.com.pe/agua-y-saneamiento-en-tiempos-de-covid-19/>
- Francés, E. (2017). Cambio climático en Cantabria. *Universidad de Cantabria*.
<https://fnyh.org/wp-content/uploads/2017/12/presentacion-enrique-frances-cambio-climatico-fluviarium-diciembre-2017-comprimido.pdf>
- Gaertner, M. A., Gutierrez, J. M., & Castro, M. (2012). Escenarios regionales de cambio climático. *Real Sociedad Española de Física*. Obtenido de



<https://digital.csic.es/bitstream/10261/93845/1/Escenarios%20regionales%20de%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf>

- Galindo, B. (2021). Simulación hidrológica del embalse Morocollo de la subcuenca Viluyo - Laraqueri - Puno - Perú. *Puno: [Tesis de pregrado] Universidad Nacional del Altiplano.*
- Garcia, J. (2011). Flood management in a complex river basin with a real-time decision. *Ecole Polytechnique*. doi:<https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-5093>
- Guachamín, W., Páez, S., & Horna, N. (2019). Evaluación de productos IMERG V03 y TMPA V7 en la detección de crecidas caso de estudio cuenca del río Cañar. *Revista Politécnica*, 42(2), 31-48. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S139001292019000100031&lng=es&tlng=es
- Hausfather, Z. (2019). *CMIP6: the next generation of climate models explained*. Obtenido de CarbonBrief,: <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Hormazábal, V., Vargas, V., Abarca, R., Garcia, I., Villalobos, E., & Ulloa, H. (2023). Simulación hidrológica del caudal del estero Huillenco en la microcuenca agroforestal Huillenco (Chonchi, región de Los Lagos, Chile) bajo condiciones climáticas históricas y futuras. *Ciencia & Investigación Forestal*, 1 - 27. doi:<https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.583>
- Huamani, Y. (2022). *Influencia del cambio climático en la disponibilidad del recurso hídrico de la cuenca río Ica-Alto Pampas, aplicando el modelo hidrológico WEAP*. Ica: Universidad Nacional de San Luis Gonzaga.
- Huerta, A., Aybar, C., & Lavado-Casimiro, W. (2018). *PISCO temperaturav.1.1. SENAMHI -DHI*. <https://docplayer.es/183970066-Senamhi-pisco-temperatura-version-1-1-piscot-v1-1.html>



- IPCC. (2001). Resumen para responsables de políticas. En: Informe de especial. Escenarios de Emisiones. *Contribución del Grupo de trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.
- IPCC. (2013). Glosario. En S. Planton (Ed.), *Cambio Climático 2013* (pág. 22). Francia. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- IPCC. (2013). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. *Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.: Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattne. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf
- IPCC. (2014). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: The Physical Science Basis. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- IPCC. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC*. Obtenido de <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-II-sp.pdf>
- Knoben, J., Freer, J., & Woods, R. (2019). Technical note: Inherent benchmark or not? Comparing Nash–Sutcliffe and Kling–Gupta efficiency scores. *Hydrology and earth system sciences*, 23(10). doi:<https://doi.org/10.5194/hess-23-4323-2019>
- Kouassi, A., N'guessan, T., Kouamé, K., & Okaingni, J. (2012). *Application de la méthode des simulations croisées à l'analyse de tendances dans la relation pluie-débit à partir du modèle GR2M : cas du bassin versant du N'zi-Bandama (Côte d'Ivoire)*. doi:10.1016/j.crte.2012.02.003
- Laura, J. (2019). *Efecto del cambio climático en la oferta hídrica superficial de la cuenca del río Ilave - Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/13718>



- León, R., & Portuguez, D. (2019). Modelacion de la disponibilidad hidrica del rio Piura - Perú, considerando la incidencia del cambio climatico. *Revista de Investigaciones Altoandinas*.
- Linares, F. (2020). Efectos del cambio climatico en el regimen hidrológico de los caudales de la cuenca del rio Lampa. [Tesis de Pregrado.] Universidad Nacional del Altiplano, Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18597>
- Llauca, H., Lavado, W., Montesinos, C., Santini, W., & Rau, P. (2021). PISCO_HyM_GR2M: Un modelo de balance hídrico mensual en Perú (1981-2020). (K. Kuraji, Ed.) *agua*, 13(1048). doi:<https://doi.org/10.3390/w13081048>
- Lopez, F. (1998). *Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión ingeniería medioambiental* (2a ed. rev. y ampl ed.). (T. M.-P. Madrid: TRAGSA, Ed.) Madrid, España.
- López, T., & Manzano, M. (2017). Disponibilidad hidrica bajo escenarios de cambio climatico en el valle de Galaena, Nuevo León, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*.
- Maldonado, L. (2021). *Oferta hídrica ante escenarios de cambio climático en la cuenca hidrográfica La Vieja - Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Mamani, F. (2023). Evaluación de la disponibilidad hídrica bajo las condiciones de cambio climático y propuesta de mejora hídrica en la microcuenca Huenque – Ilave. *Puno*: [Tesis de pregrado] *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19755>
- Medina, C. (2021). Modelación hidrológica bajo escenarios de cambio climático para un embalse de abastecimiento de agua en la Paz, Bolivia. *Investigacion & Desarrollo*, 1 - 16.
- Mellado, M. (2019). Analisis de la disponibilidad hidrica para la cuenca del rio Duqueco considerando escenarios de cambio climatico y una expansion de las plantaciones forestales hacia el año 2030. *Concepcion - Chile*.
- Mendoza, M., Bocco, G., Bravo, M., Siebe, C., & Ortiz, M. (2002). Spatially distributed hydrological modeling: a review of components, integration levels and



- implications for estimating hydrological processes in non-instrumented basins. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM*, 36-58. doi:<https://doi.org/10.14350/rig.59164>
- MINAM. (2021). *Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio*. Lima: Ministerio del Ambiente .
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885–900. doi:<https://doi.org/10.13031/2013.23153>
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290. doi:[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- O'Neill, B. C., Tebaldi, C., van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., & Sanderson, B. M. (2016). The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development* 9(9), 3461–3482. doi:10.5194/gmd-9-3461-2016
- O'Neill, B., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D., . . . Solecki, W. (2014). The Roads Ahead: Narratives for Shared Socioeconomic Pathways describing. *Submitted to Global Environmental Change*, 18-20. doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004
- Olivera, W. (2019). Disponibilidad hidrica superficial de la subcuenca del Rio Shullcas con fines agricolas frente al escenario de cambio climatico - Huancayo. *Huancayo - Perú*.
- Ortiz, R. O. (2017). Caracterización de Sequias en la Cuenca del Rio Puyango- Tumbes en Base a los Índices de Flujo Base y Precipitación Estandarizada. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/3166>
- Pérez, J., Menéndez, M., & Méndez, F. (2012). *Habilidad de los Modelos Climaticos Globales para el desarrollo de proyecciones regionales*. Instituto de Hidráulica Ambiental. IH Cantabria: Universidad de Cantabria. Obtenido de



https://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0017_PU-SA-VIII-2012-J_PEREZ.pdf

- Pilares Hualpa, I. A., Montalvo, N., Mejia, M., Guevara-Perez, E., Fano, M., & Alfaro, A. (2018). Evaluation of water availability in the Cabanillas river basin of the Peruvian Altiplano under regionalized climatic scenarios. 1-3 *Revista Ingenieria UC*, 25(2), 307-319. <https://www.redalyc.org/journal/707/70757669018/html/>
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., . . . Okem, A. (2022). *IPCC, 2022: Summary for policymakers*. <https://edoc.unibas.ch/91322/>
- Porto, A. (2021). Validación del producto grillado PISCO de precipitación v2.1 con la data observada de las estaciones pluviométricas del SENAMHI en la cuenca de la vertiente del lago Titicaca - lado peruano. *Universidad Nacional del Altiplano, Puno*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15498>
- Puelles, J. (2015). Estudio hidráulico e hidrológico de la cuenca alto Parú y el porvenir en el asentamiento humano las mercedes alto Perú distrito de la Oroya, provincia de Yauli. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/620953>
- Puricelli, M. M. (2003). Estimación y distribución de parámetros del suelo para la modelación hidrológica. *Universidad Politécnica de Valencia*. doi:<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/2904>
- Ramirez, L. (2012). Análisis de la implementación de un modelo hidrológico distribuido con información estándar en España. *Universidad Politecnica de Valencia*. <http://hdl.handle.net/10251/27255>
- Rivera, J., & America, 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. Bogotá: *Universidad distrital Francisco Jose de Caldas*.
- Rodas, F. (2022). Evaluación del cambio climático y su efecto en la disponibilidad hídrica futura de la cuenca Caplina – Tacna. Lima: *Universidad Nacional de Ingeniería*.



- Rojas, R. (2009). *Hidrología Aplicada al Manejo de Cuencas* (Vol. 111). doi:<https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>
- Rosario, E. (2020). Estimación de la disponibilidad hídrica superficial de la cuenca alto Marañón. *Mayolo: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*.
- Santos, D. (2016). *Oferta hídrica superficial del río Coata-Puno bajo escenarios de cambio climático*. SENAMHI, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12542/117>
- Sithiengtham, P. (12 de Agosto de 2019). Projecting water demand and availability under climate change through the application of WEAP in the Nam Ngum downstream area, Laos. *University Flinders*, 1 - 12. Obtenido de <https://www.weap21.org/Downloads/ThesisSithiengtham2019.pdf>
- Solman, S. A. (2011). Actividad humana y cambio climático. *Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera.*, 3. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11336/17219>
- Torres, S. (2016). Impacto de cambio climático en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Will.) en el departamento de Puno. *Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2581>
- Tucci, C. (1998). *Modelos Hidrológicos*. Brasil: Editora de Universidades / UFRGS.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima, Perú: Villón. 2(4)
- WWAP. (2019). *Informe Mundial de la Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. No Dejar a Nadie atrás.
- Zúñiga, R., Muñoz, E., & Arumí, J. (2012). Estudio de los procesos hidrológicos de la cuenca del Río Diguillín. *Obras y proyectos*. doi:<https://doi.org/10.4067/S0718-28132012000100007>



ANEXOS



ANEXO 1: Información hidrometeorológica histórica

Temperatura Media (°C) - Registro histórico													
Estación Ilave													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981													
1982													
1983													
1984	9.1	9.3	10.1	9.4	8.7	6.7	5.7	6.3	7.6	10.1	10.1	10.5	8.6
1985	9.9	10.1	10.2	9.5	8.7	6.5	5.6	7.7	8.9	9.3	8.9	9.3	8.7
1986	10.1	9.3	9.4	9.4	6.3	5.9	4.4	6.2	8.0	8.8	10.1	10.1	8.2
1987	10.0	10.0	9.4	9.2	7.9	5.9	5.7	7.0	8.2	9.8	11.0	11.6	8.8
1988	10.8	10.4	10.1	9.4	7.8	5.5	5.8	7.4	8.8	9.5	10.5	10.4	8.9
1989	9.6	9.2	9.2	8.8	7.3	5.9	5.0	6.3	7.7	9.3	8.8	10.6	8.1
1990	9.4	9.2	9.1	8.7	7.2	5.3	4.9	6.3	7.6	9.9	10.0	9.6	8.1
1991	9.9	10.1	9.9	9.0	7.4	4.5	5.1	6.2	7.3	8.9	9.3	9.8	8.1
1992	9.3	9.6	9.5	8.6	7.7	6.5	5.2	5.0	7.3	8.8	9.0	10.0	8.0
1993	9.1	9.1	8.7	8.8	7.6	5.4	5.7	6.1	7.9	9.4	10.3	10.5	8.2
1994	10.0	9.6	9.0	9.1	7.4	5.5	5.3	7.0	8.0	8.8	10.5	10.2	8.4
1995	10.3	10.0	9.6	9.2	7.5	5.6	6.2	7.7	8.5	9.8	10.3	9.5	8.7
1996	9.5	9.7	9.7	9.4	7.7	5.6	5.3	7.2	7.8	9.7	9.4	10.2	8.4
1997	9.6	9.3	9.0	7.7	6.5	4.8	6.4	6.2	8.8	9.7	10.4	11.9	8.4
1998	11.9	12.0	11.5	10.5	7.9	7.5							
1999		9.7	9.4	8.7	7.3	5.4	5.8	7.2	7.9	8.7	9.4	10.5	
2000	9.6	9.7	9.5	9.2	8.2	5.7	5.2	7.3	8.3	9.0	10.1	9.8	8.5
2001	9.2	9.6	9.4	8.9	7.7	6.9	5.7	6.7	8.8	9.9	11.1	10.2	8.7
2002	10.4	10.1	10.1	9.1	7.8	7.1	5.2	6.9	8.4	9.8	10.4	10.6	8.8
2003	10.5	10.6	10.0	9.0	7.5	6.1	5.7	6.7	7.2	9.3	10.5	11.0	8.7
2004	9.7	9.8	10.5	9.7	5.8	5.2	6.0	7.1	8.2	9.7	10.3	10.4	8.5
2005	9.7	9.5	10.3	9.6	7.3	5.3	6.4	6.2	7.3	9.3	10.3	10.9	8.5
2006	9.4	10.1	10.4	9.0	6.3	6.2	5.3	7.7	8.4	10.5	11.1	11.7	8.8
2007	11.5	11.0	10.4	10.0	8.1	6.9	4.6	6.4	8.1	9.4	8.8	9.7	8.7
2008	9.6	9.5	9.0	7.3	4.9	4.7	4.0	5.2	6.9	9.0	10.6	9.0	7.5
2009	9.7	9.8	9.0	8.2	5.7	3.4	4.7	4.8	7.3	9.2	10.4	10.4	7.7
2010	10.1	10.9	10.0	9.1	6.9	6.6	5.5	6.8	8.0	8.9	9.2		
2011			9.8	8.5	7.0	5.4	5.2	6.5	7.5	8.3	10.2	9.7	
2012	9.2	8.9	8.7	8.4	6.0	4.7	4.6	5.0	7.4	9.3	10.2	8.9	7.6
2013	8.3	10.1	10.1	8.2	7.8	5.8	6.5	6.3	7.7	9.4	10.3	10.1	8.4
2014	10.1	10.2	10.1	9.4	7.5	6.6	5.9	7.1	8.6	9.3	10.4	11.1	8.9
2015	9.5	10.0	9.9	9.4	7.3	6.7	5.7	6.9	8.4	9.4	10.6	11.0	8.7
2016	11.3	11.0	11.0	9.4	7.1	5.9	6.6	7.0	8.2	9.5	9.6	11.1	9.0
2017	10.1	10.5	9.9	9.1	7.8	6.1	5.6	6.2	8.3	8.8	10.5	10.8	8.6
2018	10.0	10.0	9.8	8.6	6.8	6.0	6.4	6.6	7.9	10.3	11.1	10.8	8.7
2019	10.7	10.7	10.7	9.6	7.7	6.3	6.1	6.2	9.4	9.4	10.6	11.2	9.1
2020	10.9	11.2	11.0			6.2	5.8	7.3	8.7	9.8	10.5	10.8	
2021	10.3	10.5	9.8	8.7	7.4	6.2	6.4	7.0	9.2	10.2	10.8	10.3	8.9
2022	10.1	10.1	10.2	8.2	6.0	4.8	6.2	6.3	7.3	7.8	9.2	9.7	8.0
Prom	10.0	10.0	9.8	9.0	7.3	5.8	5.6	6.6	8.0	9.4	10.1	10.4	8.5
Desvest	3.3	3.0	2.6	2.7	2.3	1.7	1.8	2.1	2.5	2.8	3.1	3.5	3.4
Máx	12.0	12.0	11.5	10.5	8.7	7.5	6.6	7.7	9.4	10.6	11.1	11.9	9.1
Mín	8.3	8.9	8.7	7.3	4.9	3.4	4.0	4.8	6.9	7.8	8.8	8.9	7.5



Temperatura Media (°C) - Registro histórico													
Estación Juli													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981													
1982													
1983													
1984													
1985	10.1	9.5	10.0	9.4	8.0	6.4	5.1	6.9	8.0	8.8	8.5	9.1	8.3
1986	9.6	8.9	9.2	8.7	5.9	5.6	4.2	6.0	7.5	8.4	9.6	9.6	7.8
1987	9.4	9.2	9.0	9.1	7.5	6.0	5.8	7.0	8.3	9.3	10.4	10.9	8.5
1988	10.0	10.1	9.8	9.1	7.8	6.0	6.2	7.9	8.9	9.3	10.0	10.2	8.8
1989	9.4	9.0	8.9	8.5	7.6	6.9	5.7	6.7	8.1	9.5	8.9	10.3	8.3
1990	9.3	8.7	8.9	8.7	7.7	5.5	5.1	6.3	7.6	9.6	10.2	9.6	8.1
1991	8.4	10.1	9.7	9.1	8.0	5.2	5.6	6.6	7.5	8.9	9.0	9.0	8.1
1992	8.3	8.3	8.7	8.3	7.7	6.6	5.5	5.3	7.1	8.5	8.6	9.6	7.7
1993	8.7	8.3	8.0	8.4	7.2	5.2	5.5	5.8	7.7	8.6	9.6	9.8	7.7
1994	9.3	9.3	8.7	8.9	7.1	5.5	5.7	6.6	7.7	8.9	9.8	9.4	8.1
1995	9.8	10.0	9.5	9.0	7.5	5.8	6.4	7.7	8.5	9.5	9.8	9.4	8.6
1996	9.3	9.4	9.4	9.2	7.6	6.1	5.5	7.4	8.0	9.6	9.5	10.0	8.4
1997	9.5	9.3	8.9	8.1	7.0	5.5	6.7	6.7	8.7	9.5	10.2	11.2	8.4
1998	11.2	11.4	11.4	10.5	8.3	7.4	6.8	7.7	8.3	9.3	9.6	10.4	9.4
1999	9.4	8.8	8.5	7.9	6.5	5.2	5.7	6.4	7.1	7.7	8.7	9.7	7.6
2000	8.7	8.6	8.6	8.2	7.1	4.8	4.5	6.2	7.4	8.7	9.8	9.5	7.7
2001	8.6	9.2	8.8	8.3	6.9	6.1	5.2	6.2	7.9	9.1	10.3	9.5	8.0
2002	9.5	9.7	9.8	8.8	7.6	6.7	5.4	6.6	8.1	9.5	10.1	10.3	8.5
2003	9.9	10.0	9.6	8.8	7.5	5.9	5.8	6.2	6.8	8.8	9.7	10.6	8.3
2004	9.5	9.7	10.0	9.3	6.0	5.6	6.1	6.5	8.0	9.5	10.2	10.7	8.4
2005	10.0	9.5	10.0	9.5	7.6	5.6	6.4	6.2	7.9	9.2	9.6	9.9	8.5
2006	9.2	9.6	10.0	9.1	6.5	5.8	5.7	7.0	7.5	9.5	10.1	10.3	8.4
2007	10.5	9.9	9.5	9.3	7.6	7.0	5.9	7.5	8.1	9.4	9.2	9.7	8.6
2008	9.5	9.7	9.2	8.2	6.0	6.1	5.6	6.3	8.0	9.5	10.6	9.6	8.2
2009	9.8	9.7	9.3	8.4	7.4	5.0	6.0	6.3	8.7	10.1	11.0	10.2	8.5
2010	10.5	10.9	10.6	9.7	8.1	7.7	6.1	7.4	8.7	9.4	10.0	10.2	9.1
2011	9.9	9.1	9.5	8.7	7.4	6.7	5.8	7.4	7.9	9.0	10.3	9.7	8.4
2012	9.2	9.1	9.3	9.2	7.3	6.5	6.2	6.6	8.1	9.8	10.5	9.9	8.5
2013	9.5	9.8	10.0	8.6	8.0	6.4	6.8	6.8	8.0	9.5	10.3	9.8	8.6
2014	9.6	9.8	9.7	9.7	7.9	7.1							
2015													
2016													
2017	9.6	10.3	9.5	9.4	8.3		6.8	7.2	8.7	9.2		10.4	
2018	9.6	9.6	9.8	9.1	7.6	6.7	6.9	7.3	8.3	9.9	11.2	10.4	8.9
2019	10.4	10.2	10.3	10.0	8.4	7.2	6.8	7.2	9.1	9.0	10.0	10.5	9.1
2020	10.5	10.7					6.2	8.1	8.7	9.6	10.6	10.4	
2021	9.7	10.1	8.9	9.4	8.0	6.8	7.1	7.4	9.6	10.5	11.0	9.8	9.0
2022	9.8	9.9								9.1	10.1	9.9	
Prom	9.6	9.6	9.5	9.0	7.4	6.1	5.9	6.8	8.1	9.3	9.9	10.0	8.4
Desvest	3.4	3.5	3.8	3.6	3.0	2.6	2.4	2.8	3.3	3.5	4.0	3.8	3.6
Máx	11.2	11.4	11.4	10.5	8.4	7.7	7.1	8.1	9.6	10.5	11.2	11.2	9.4
Mín	8.3	8.3	8.0	8.0	6.0	4.8	4.2	5.3	6.8	7.7	8.5	9.0	7.6



Temperatura Media (°C) - Registro histórico													
Estación Laraqueri													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986													
1987													
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995									7.3	7.9	9.0	8.4	
1996	8.2	8.6	7.9	7.9	6.8	4.7	3.9	5.9	6.6	8.6	8.7	8.7	7.2
1997	7.6	7.5	7.4	7.0	5.7	4.9	5.3	5.3	7.3	8.5	9.1	10.0	7.1
1998	9.3	9.5	9.4	9.0	7.1	6.6	6.0	7.2	8.0	8.9	8.7	9.3	8.2
1999	8.1	7.0	6.9	7.3	7.0	5.2	5.4	6.0	7.0	7.4	8.4	8.7	7.0
2000	7.1	7.0	7.7	7.9	7.0	5.0	4.4	6.0	7.8	7.4	9.2	8.0	7.0
2001	7.0	6.9	7.0	7.2	6.4	5.1	4.7	5.2	7.3	8.3	9.0	8.2	6.8
2002	8.4	7.9	8.2	7.7	6.6	5.6	3.8	5.3	7.6	8.1	8.4	7.9	7.1
2003	9.2	9.5	9.3	7.4	6.2	2.8	2.9	3.9	5.4	6.7	6.9	8.1	6.5
2004	9.9	9.2	9.4	7.7	3.9	2.3	3.3	5.2	6.4	8.9	10.1	10.5	7.2
2005	10.2	9.3	9.2	8.1	5.5	2.4	3.8	3.7	6.2	8.7	9.8	10.1	7.2
2006	9.1	9.4	9.8	8.0	4.2	3.6	2.5	5.2	6.6	9.2	9.9	10.6	7.3
2007	9.9	10.2	9.5	8.2	6.3	4.9	4.1	5.6	7.6	8.9	8.9	9.6	7.8
2008	9.5	9.2	8.5	7.0	4.0	4.1	3.2	4.0	6.0	8.7	10.2	10.0	7.0
2009	9.9	9.7	8.9	7.5	5.1	2.5	4.0	3.7	6.9	9.0	10.5	10.5	7.3
2010	10.4	10.9	9.6	8.2	6.3	5.5	3.2	5.3	7.0	8.8	9.2	10.4	7.9
2011	10.1	9.6	9.3	7.8	5.8	4.3	3.8	6.0	6.9	8.5	9.8	9.6	7.6
2012	9.1	9.1	8.0	8.2	5.1	3.9	3.1	4.5	6.8	9.4	10.3	9.9	7.3
2013	9.1	9.7	9.5	6.7	6.1	3.8	4.2	4.5	6.5	9.2	9.8	10.0	7.4
2014	9.5	9.6	8.9	7.6	5.6	4.5	3.7	5.5	7.9	8.4	9.9	10.4	7.6
2015	8.9	9.0	8.9	8.3	5.9	4.6	3.2	4.8	7.2	8.2	9.9	10.1	7.4
2016	10.7	10.7	9.3	8.0	5.0	3.5	4.1	4.6	6.4	9.2	9.6	10.9	7.7
2017	9.6	10.2	9.4	8.0	6.9	4.4	4.0	5.1	7.6	8.5	10.1	10.1	7.8
2018	9.8	9.8	9.3	7.3	4.9	4.2	4.5	4.9	6.1	9.3	10.9	10.3	7.6
2019	10.4	10.1	9.4	8.4	6.2	4.3	3.7	4.3	7.7	7.9	10.1	10.5	7.7
2020	10.3	10.4	9.9	7.7	6.2	4.4	3.1	6.0	7.3	8.3	9.6	10.2	7.8
2021	9.6	9.6	8.8	7.7	5.9	4.4	4.4	5.1	7.8	9.6	10.6	9.8	7.8
2022	9.4	9.3	9.4	7.5	5.1	3.4	4.6	4.8	6.7	7.1	9.3	9.8	7.2
Prom	9.3	9.2	8.8	7.7	5.8	4.2	3.9	5.1	7.0	8.5	9.5	9.7	7.4
Desvest	4.6	4.6	4.3	3.8	2.9	2.2	2.0	2.6	3.4	4.1	4.6	4.7	3.6
Máx	10.7	10.9	9.9	9.0	7.1	6.6	6.0	7.2	8.0	9.6	10.9	10.9	8.2
Mín	7.0	6.9	6.9	6.7	3.9	2.3	2.5	3.7	5.4	6.7	6.9	7.9	6.5



CAUDAL MEDIO MENSUAL (m ³ /s)-HISTORICO													
ESTACIÓN HIDROMETRICA PUENTE ZAPATILLA													
Región: Puno				Provincia: El Collao				Distrito: Ilave					
Latitud: 16°08'25.40"				Longitud: 69°34'15.40"				Altitud: 3840 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2007	0.64	1.13	4.32	2.98	1.16	0.65	0.50	0.29	0.18	0.12	0.09	0.37	1.04
2008	4.37	4.17	3.79	1.00	0.31	0.20	0.14	0.11	0.09	0.09	0.09	0.12	1.21
2009	0.30	0.65	1.73	1.02	0.54	0.25	0.16	0.14	0.14	0.12	0.22	0.16	0.45
2010	0.65	3.31	3.02	1.01	0.65	0.32	0.19	0.15	0.14	0.12	0.07	0.12	0.81
2011	1.52	8.17	5.50	2.18	1.01	0.85	0.50	0.34	0.27	0.21	0.18	0.30	1.75
2012	2.77	15.90	12.35	3.92	1.55	0.81	0.57	0.45	0.27	0.24	0.14	0.62	3.30
2013	1.73	4.85	4.44	1.56	0.79	0.67	0.45	0.35	0.24	0.24	0.29	0.45	1.34
2014	1.43	1.77	1.21	0.72	0.26	0.18	0.12	0.12	0.22	0.22	0.19	0.14	0.55
2015	0.23	0.82	2.93	2.01	1.31	0.58	0.38	0.25	0.17	0.13	0.11	0.09	0.75
2016	0.09	0.28	0.16	0.25	0.12	0.07	0.06	0.04	0.07	0.07	0.04	0.05	0.11
2017	2.12	2.23	4.25	1.74	0.96	0.54	0.30	0.13	0.14	0.12	0.07	0.09	1.06
2018	0.43	5.52	6.66	2.08	1.20	0.53	0.40	0.34	0.24	0.24	0.10	0.09	1.49
2019	0.22	1.86	0.85	0.87	0.39	0.21	0.18	0.12	0.17	0.16	0.21	0.19	0.45
2020	0.46	5.29	4.11	2.72	0.88	0.45	0.32	0.22	0.23	0.26	0.20	0.71	1.32
2021	4.21	1.73	3.93	4.24	1.25	0.64	0.32	0.24	0.12	0.12	0.10	0.67	1.46
2022	3.10	6.65	4.46	2.56	1.13								
Prom	1.52	4.02	3.98	1.93	0.84	0.46	0.30	0.22	0.18	0.16	0.14	0.28	1.14
Desvest	1.43	3.94	2.82	1.14	0.43	0.24	0.16	0.12	0.06	0.06	0.07	0.23	0.78
Máx	4.37	15.90	12.35	4.24	1.55	0.85	0.57	0.45	0.27	0.26	0.29	0.71	3.30
Mín	0.09	0.28	0.16	0.25	0.12	0.07	0.06	0.04	0.07	0.07	0.04	0.05	0.11



ANEXO 2: Información meteorológica corregida y completada.

Temperatura Media (°C) - Registro corregido y completado													
Estación Ilave													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981	9.85	9.65	9.55	9.55	7.55	5.9	6.15	7.35	8.55	9.2	10.95	10.7	8.7
1982	9.85	10.05	9.95	9.2	7.25	5.95	5.45	6.5	8.25	8.9	10.35	9.85	8.5
1983	9.45	9.4	9.7	8.95	7.7	5.55	5.35	5.75	7.45	8.85	8.5	10	8.1
1984	9.1	9.25	10.15	9.4	8.65	6.7	5.7	6.35	7.6	10.15	10.1	10.55	8.6
1985	9.95	10.1	10.2	9.5	8.7	6.55	5.55	7.65	8.9	9.3	8.85	9.3	8.7
1986	10.15	9.3	9.4	9.4	6.35	5.9	4.45	6.2	8.05	8.8	10.15	10.05	8.2
1987	9.95	10	9.45	9.15	7.9	5.85	5.7	7	8.25	9.75	11	11.65	8.8
1988	10.8	10.4	10.15	9.35	7.8	5.5	5.85	7.35	8.75	9.5	10.5	10.45	8.9
1989	9.55	9.25	9.2	8.8	7.3	5.85	5	6.3	7.75	9.3	8.85	10.55	8.1
1990	9.4	9.2	9.05	8.7	7.2	5.35	4.9	6.25	7.6	9.9	10	9.6	8.1
1991	9.9	10.1	9.95	9	7.4	4.55	5.1	6.2	7.35	8.9	9.3	9.8	8.1
1992	9.35	9.55	9.5	8.6	7.75	6.5	5.2	4.95	7.25	8.8	9	9.95	8.0
1993	9.15	9.1	8.75	8.8	7.55	5.45	5.7	6.1	7.85	9.45	10.35	10.55	8.2
1994	10.05	9.6	9.05	9.15	7.35	5.5	5.25	7	8	8.8	10.5	10.25	8.4
1995	10.3	10	9.6	9.25	7.45	5.6	6.25	7.65	8.45	9.75	10.25	9.55	8.7
1996	9.5	9.65	9.7	9.35	7.65	5.6	5.3	7.25	7.8	9.7	9.4	10.15	8.4
1997	9.55	9.3	9	7.7	6.55	4.75	6.4	6.2	8.8	9.7	10.35	11.85	8.3
1998	11.95	12	11.5	10.55	7.9	7.5	6.95	7.75	8.25	9.6	9.75	10.85	9.5
1999	9.8	9.7	9.35	8.7	7.3	5.35	5.75	7.25	7.9	8.75	9.4	10.55	8.3
2000	9.65	9.65	9.5	9.2	8.15	5.7	5.15	7.3	8.25	9	10.15	9.85	8.5
2001	9.15	9.6	9.45	8.9	7.75	6.9	5.7	6.7	8.8	9.9	11.1	10.2	8.7
2002	10.4	10.1	10.1	9.1	7.8	7.1	5.15	6.9	8.4	9.85	10.4	10.65	8.8
2003	10.55	10.6	10	9	7.5	6.1	5.65	6.65	7.2	9.35	10.55	11.05	8.7
2004	9.65	9.85	10.45	9.65	5.8	5.25	6	7.1	8.25	9.75	10.35	10.35	8.5
2005	9.7	9.45	10.3	9.6	7.3	5.3	6.4	6.25	7.35	9.3	10.25	10.85	8.5
2006	9.45	10.05	10.4	9	6.25	6.15	5.35	7.65	8.35	10.55	11.1	11.7	8.8
2007	11.55	11	10.45	9.95	8.1	6.85	4.65	6.35	8.05	9.35	8.85	9.75	8.7
2008	9.65	9.5	8.95	7.3	4.95	5.9	5.3	5.25	6.9	9	10.6	9	7.7
2009	9.7	9.8	9.05	8.2	5.7	5.3	4.7	6	7.35	9.2	10.4	10.4	8.0
2010	10.15	10.95	10	9.1	6.95	6.55	5.5	6.75	8	8.85	9.15	10.7	8.6
2011	9.55	9.5	9.85	8.45	6.95	5.4	5.2	6.55	7.45	8.35	10.2	9.75	8.1
2012	9.2	8.95	8.75	8.4	6	4.75	4.6	5.05	7.35	9.3	10.2	10.35	7.7
2013	9.8	10.05	10.15	8.25	7.8	5.85	6.45	6.35	7.7	9.4	10.3	10.1	8.5
2014	10.15	10.15	10.05	9.45	7.45	6.55	5.85	7.1	8.6	9.3	10.4	11.1	8.8
2015	9.5	10	9.85	9.4	7.25	6.7	5.75	6.85	8.45	9.4	10.6	11.05	8.7
2016	11.25	11.05	11.05	9.4	7.1	5.9	6.6	6.95	8.15	9.55	9.6	11.05	9.0
2017	10.05	10.5	9.95	9.1	7.8	6.15	5.6	6.2	8.3	8.8	10.45	10.8	8.6
2018	9.95	10	9.8	8.65	6.8	5.95	6.4	6.6	7.95	10.35	11.1	10.8	8.7
2019	10.7	10.75	10.7	9.65	7.7	6.25	6.15	6.25	9.35	9.4	10.6	11.25	9.1
2020	10.9	11.2	11	9.45	7.8	6.25	5.75	7.35	8.75	9.8	10.5	10.85	9.1
2021	10.35	10.5	9.75	8.65	7.45	6.2	6.4	7.05	9.2	10.25	10.75	10.25	8.9
2022	10.1	10.1	10.2	8.2	6	4.85	6.25	6.25	7.25	7.75	9.2	9.65	8.0
Prom	10.0	10.0	9.8	9.0	7.3	5.9	5.6	6.6	8.1	9.4	10.1	10.4	8.5
Desvest	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.4
Máx	12.0	12.0	11.5	10.6	8.7	7.5	7.0	7.8	9.4	10.6	11.1	11.9	9.6
Mín	9.1	9.0	8.8	7.3	5.0	4.6	4.5	5.0	6.9	7.8	8.5	9.0	7.7



Temperatura Media (°C) - Registro corregido y completado													
Estación Juli													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981	9.6	9.55	9.35	9.15	7.6	6.1	6.15	7.15	8.4	8.95	9.85	10.1	8.5
1982	9.6	9.4	9.25	9.05	7.35	6.25	5.75	6.6	8.5	9.1	9.85	9.9	8.4
1983	9.25	8.95	9	8.6	7.1	5.75	6.25	6.5	8	9.05	9.05	10	8.1
1984	8.85	9.1	9.2	9.1	8.15	6.25	5.7	6.7	8.3	9.35	9.95	10.05	8.4
1985	10.1	9.5	9.95	9.4	8.05	6.45	5.1	6.85	8.05	8.85	8.5	9.1	8.3
1986	9.6	8.95	9.15	8.65	5.95	5.55	4.25	6.05	7.5	8.35	9.6	9.6	7.8
1987	9.35	9.15	9	9.15	7.45	6	5.8	7	8.35	9.3	10.45	10.9	8.5
1988	10	10.1	9.8	9.15	7.75	6.05	6.2	7.9	8.85	9.25	10	10.25	8.8
1989	9.45	9	8.95	8.5	7.6	6.9	5.65	6.65	8.15	9.55	8.9	10.3	8.3
1990	9.3	8.7	8.95	8.7	7.65	5.55	5.1	6.35	7.6	9.6	10.15	9.55	8.1
1991	9.6	10.1	9.75	9.05	8	5.2	5.55	6.55	7.5	8.95	9	9.75	8.3
1992	9.35	8.8	8.75	8.35	7.7	6.6	5.5	5.25	7.1	8.55	8.65	9.65	7.9
1993	8.7	8.35	8	8.45	7.2	5.2	5.55	5.85	7.75	8.65	9.6	9.8	7.8
1994	9.3	9.3	8.75	8.9	7.1	5.45	5.75	6.55	7.7	8.85	9.75	9.4	8.1
1995	9.85	10	9.55	9	7.5	5.8	6.35	7.65	8.45	9.55	9.75	9.35	8.6
1996	9.35	9.35	9.4	9.2	7.6	6.15	5.5	7.35	8.05	9.55	9.45	9.95	8.4
1997	9.5	9.3	8.95	8.05	7	5.5	6.7	6.7	8.7	9.45	10.25	11.2	8.4
1998	11.2	11.45	11.4	10.5	8.3	7.4	6.8	7.7	8.25	9.35	9.6	10.35	9.4
1999	9.4	8.85	8.5	7.95	6.45	5.2	5.65	6.35	7.15	7.75	8.7	9.7	7.6
2000	8.7	8.55	8.55	8.15	7.05	4.85	4.55	6.2	7.35	8.65	9.75	9.5	7.7
2001	8.6	9.15	8.8	8.25	6.9	6.15	5.25	6.2	7.9	9.15	10.35	9.45	8.0
2002	9.55	9.7	9.8	8.8	7.6	6.75	5.4	6.6	8.1	9.45	10.1	10.3	8.5
2003	9.95	10	9.65	8.8	7.45	5.85	5.75	6.2	6.85	8.85	9.75	10.6	8.3
2004	9.5	9.65	9.95	9.25	6	5.55	6.05	6.5	8	9.5	10.15	10.65	8.4
2005	10	9.5	10.05	9.45	7.6	5.6	6.4	6.2	7.85	9.25	9.65	9.9	8.5
2006	9.2	9.65	10	9.05	6.5	5.8	5.7	7.05	7.55	9.55	10.1	10.35	8.4
2007	10.45	9.9	9.45	9.3	7.6	7	5.85	7.45	8.15	9.4	9.2	9.65	8.6
2008	9.5	9.65	9.2	8.2	6.05	6.15	5.6	6.25	7.95	9.45	10.6	9.6	8.2
2009	9.8	9.75	9.25	8.45	7.4	5	6.05	6.35	8.7	10.1	10.95	10.2	8.5
2010	10.55	10.95	10.6	9.7	8.1	7.7	6.15	7.4	8.65	9.4	10	10.2	9.1
2011	9.9	9.05	9.45	8.7	7.4	6.65	5.8	7.4	7.9	8.95	10.3	9.65	8.4
2012	9.25	9.1	9.3	9.2	7.25	6.5	6.15	6.55	8.1	9.75	10.45	9.85	8.5
2013	9.5	9.8	10	8.55	8	6.4	6.8	6.8	8.05	9.5	10.35	9.85	8.6
2014	9.6	9.8	9.75	9.65	7.85	7.15	6.25	7.15	8.4	9.15	9.9	10.35	8.8
2015	9.45	9.45	9.5	9.35	7.65	6.6	6.15	7.1	8.55	9.2	9.95	10.35	8.6
2016	10.25	10.6	10.15	9.15	7.3	6.6	6.5	7.2	8.25	9.6	9.9	10.35	8.8
2017	9.65	10.35	9.55	9.4	8.3	6.25	6.8	7.25	8.75	9.25	10.1	10.4	8.8
2018	9.65	9.6	9.8	9.05	7.55	6.7	6.9	7.3	8.25	9.9	11.15	10.4	8.9
2019	10.4	10.25	10.25	10	8.45	7.2	6.8	7.2	9.05	9	9.95	10.5	9.1
2020	10.5	10.65	10.7	9.55	8	6.8	6.2	8.1	8.65	9.6	10.55	10.45	9.1
2021	9.7	10.15	8.9	9.35	8.05	6.75	7.1	7.4	9.55	10.5	10.95	9.8	9.0
2022	9.85	9.95	9.85	9.1	7.2	5.7	6.5	7.1	8.05	9.1	10.1	9.9	8.5
Prom	9.6	9.6	9.5	9.0	7.5	6.2	6.0	6.8	8.1	9.2	9.9	10.0	8.5
Desvest	0.5	0.7	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4
Máx	11.2	11.5	11.4	10.5	8.5	7.7	7.1	8.1	9.6	10.5	11.2	11.2	9.4
Mín	8.6	8.4	8.0	8.0	6.0	4.9	4.3	5.3	6.9	7.8	8.5	9.1	7.6



Temperatura Media (°C) - Registro corregido y completado													
Estación Laraqueri													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981	9	8.9	9.25	7.85	5.65	4.95	4.9	5.6	7.4	8.4	9.8	9.85	7.6
1982	9	9.15	8.55	7.7	5.55	4.65	3.5	4.1	7.05	8.6	10	9	7.2
1983	8.4	8.25	8.65	8.25	6.6	4.25	4.25	3.7	6.75	8.85	8.55	8.75	7.1
1984	7.5	8.3	7.75	7.35	7.4	4.95	4.7	4.7	6.45	9	9.85	10.1	7.3
1985	9.55	8.9	8.6	9.4	8	6.3	4.4	6.9	8.2	8.6	8	7.5	7.9
1986	7.55	7.85	7.55	7.7	4.85	3.25	2.95	4.05	6.45	8.5	9	8.9	6.6
1987	8.55	8.55	9.45	8.3	5.85	3.7	4.5	5.1	7.05	9.2	10.95	11.55	7.7
1988	11.15	10.1	8.75	8.4	7.15	4.85	5	7.4	8.2	8.75	10.2	9.9	8.3
1989	8.9	8	7.6	7.7	6.3	6.15	4.55	4.8	6.6	8.9	7.45	9	7.2
1990	8.1	7.9	8.35	7	5.8	3.2	3	4.15	6.4	9.35	9.85	9.2	6.9
1991	8.95	9.65	8.85	7.9	6.95	4.5	4.1	4.3	6	8.6	7.95	9.25	7.3
1992	7.85	8.1	7.85	7.35	5.6	4.2	3.65	2.65	5.75	8.6	7.65	8.65	6.5
1993	7.2	7.25	7.25	6.95	5.5	4.1	4.15	4.05	6.25	7.8	9.4	9.25	6.6
1994	8.2	8.45	7.95	7.65	6.2	3.9	3.75	5	6.45	8.45	9.7	9.5	7.1
1995	9.8	9.8	8.65	7.7	5.9	3.9	4.3	5.9	7.3	7.85	9	8.4	7.4
1996	8.15	8.55	7.9	7.85	6.8	4.65	3.9	5.85	6.55	8.6	8.65	8.65	7.2
1997	7.6	7.5	7.35	7	5.65	4.85	5.25	5.3	7.25	8.5	9.05	10	7.1
1998	9.25	9.5	9.35	9	7.1	6.55	5.95	7.15	7.95	8.85	8.7	9.25	8.2
1999	8.1	6.95	6.9	7.25	7	5.2	5.35	6	6.95	7.7	8.4	8.7	7.0
2000	7.1	6.95	7.65	7.85	6.95	5	4.35	5.95	7.75	8.45	9.2	7.95	7.1
2001	6.95	6.9	7	7.15	6.35	5.1	4.65	5.2	7.3	8.3	9	8.2	6.8
2002	8.35	7.85	8.2	7.7	6.55	5.6	4.6	5.25	7.6	8.1	8.35	7.9	7.2
2003	9.15	9.45	9.3	7.35	6.2	2.8	2.85	3.9	5.4	8.5	10.15	10.6	7.1
2004	9.9	9.15	9.4	7.7	3.85	2.25	3.3	5.2	6.35	8.9	10.1	10.45	7.2
2005	10.2	9.25	9.2	8.1	5.45	2.35	3.8	3.65	6.15	8.65	9.8	10.05	7.2
2006	9.1	9.35	9.75	7.95	4.15	3.55	2.5	5.15	6.55	9.15	9.85	10.55	7.3
2007	9.9	10.15	9.5	8.15	6.3	4.85	4.05	5.55	7.55	8.85	8.9	9.55	7.8
2008	9.5	9.2	8.5	6.95	4	4.1	3.2	3.95	6	8.7	10.2	9.95	7.0
2009	9.9	9.7	8.9	7.5	5.1	2.5	3.95	3.7	6.85	9	10.45	10.5	7.3
2010	10.35	10.9	9.6	8.2	6.25	5.5	3.15	5.3	6.95	8.75	9.2	10.4	7.9
2011	10.1	9.6	9.25	7.8	5.8	4.25	3.8	5.95	6.85	8.55	9.85	9.6	7.6
2012	9.1	9.1	8	8.15	5.15	3.9	3.1	4.55	6.8	9.35	10.25	9.9	7.3
2013	9.15	9.75	9.5	6.7	6.05	3.8	4.2	4.5	6.55	9.2	9.8	10	7.4
2014	9.5	9.6	8.9	7.65	5.65	4.55	3.7	5.55	7.95	8.35	9.9	10.45	7.6
2015	8.85	9	8.95	8.35	5.9	4.65	3.2	4.85	7.25	8.25	9.85	10.15	7.4
2016	10.65	10.75	9.3	8.05	5.05	3.55	4.1	4.6	6.45	9.2	9.65	10.85	7.7
2017	9.55	10.2	9.35	8	6.85	4.4	4	5.1	7.6	8.55	10.1	10.15	7.8
2018	9.85	9.75	9.35	7.3	4.95	4.2	4.5	4.85	6.05	9.3	10.9	10.3	7.6
2019	10.4	10.1	9.4	8.4	6.15	4.25	3.75	4.3	7.7	7.9	10.15	10.45	7.7
2020	10.25	10.35	9.9	7.7	6.2	4.45	3.1	6.05	7.25	8.35	9.6	10.25	7.8
2021	9.6	9.55	8.85	7.7	5.9	4.4	4.45	5.1	7.8	9.55	10.55	9.85	7.8
2022	9.35	9.35	9.45	7.55	5.15	3.35	4.55	4.8	6.7	8.95	9.3	9.8	7.4
Prom	9.0	9.0	8.7	7.8	6.0	4.3	4.0	5.0	6.9	8.7	9.5	9.6	7.4
Desvest	1.0	1.0	0.8	0.5	0.9	1.0	0.7	1.0	0.7	0.4	0.8	0.9	0.4
Máx	11.2	10.9	9.9	9.4	8.0	6.6	6.0	7.4	8.2	9.6	11.0	11.6	8.3
Mín	7.0	6.9	6.9	6.7	3.9	2.3	2.5	2.7	5.4	7.7	7.5	7.5	6.5



ANEXO 3: Evapotranspiración de referencia

Evapotranspiración (mm)													
Estación llave													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	104.8	92.1	96.0	89.2	81.5	71.4	78.4	91.1	100.9	115.3	121.7	117.3	1159.5
1982	104.8	94.4	96.4	88.4	81.0	71.7	77.0	88.8	100.4	115.6	120.0	112.3	1151.0
1983	99.0	89.0	94.2	87.2	81.1	70.1	75.8	86.3	98.0	113.4	113.3	113.4	1120.9
1984	92.8	80.3	88.2	85.4	81.5	69.1	75.4	85.3	98.9	103.9	102.6	114.2	1077.5
1985	103.0	89.3	95.9	84.2	80.2	66.5	76.5	91.0	91.1	115.0	95.6	97.4	1085.7
1986	103.8	85.8	88.3	84.7	80.7	73.1	72.4	85.5	96.3	116.7	118.3	106.0	1111.7
1987	99.7	101.7	101.8	91.4	86.7	71.8	74.9	92.8	103.6	115.6	111.0	128.7	1179.7
1988	107.9	102.3	92.3	84.9	81.4	72.7	78.8	95.4	103.0	117.4	124.5	116.7	1177.3
1989	102.6	86.1	91.5	81.3	77.6	66.5	69.9	82.6	96.5	111.7	115.3	120.1	1101.7
1990	101.5	97.1	100.3	87.5	80.1	60.8	72.3	82.7	96.9	107.1	105.2	104.8	1096.4
1991	107.6	96.8	95.5	84.9	79.6	66.7	74.3	88.7	95.0	111.7	115.1	118.3	1134.2
1992	103.9	97.1	105.7	96.3	87.5	69.0	73.7	77.1	97.2	112.0	113.0	114.7	1147.3
1993	100.1	95.0	86.7	84.2	79.3	71.1	76.3	81.9	94.9	107.6	111.8	110.0	1098.9
1994	107.7	90.5	94.2	82.7	78.6	69.3	76.4	89.0	97.1	114.4	113.9	111.9	1125.8
1995	107.1	98.2	90.0	90.3	83.3	70.9	78.8	93.8	97.8	120.5	116.0	109.2	1155.9
1996	107.1	86.4	100.5	87.1	80.7	70.4	74.1	83.8	97.0	116.7	106.7	108.5	1119.0
1997	98.3	84.9	89.0	79.4	77.2	69.3	76.6	79.9	92.3	115.0	110.9	123.6	1096.3
1998	115.0	104.3	108.0	95.4	86.7	73.3	81.1	93.1	104.9	115.4	113.1	121.3	1211.7
1999	106.2	85.1	87.7	80.2	77.1	69.5	73.4	85.5	95.4	104.0	115.5	119.1	1098.8
2000	99.8	86.4	90.6	89.1	82.8	69.0	73.4	86.0	100.4	106.2	123.4	112.3	1119.5
2001	92.4	82.8	88.0	83.1	78.7	69.2	72.5	82.2	96.7	110.7	120.0	113.2	1089.6
2002	109.6	85.4	91.6	80.7	75.7	68.3	66.7	82.3	93.8	104.6	114.4	112.5	1085.4
2003	105.3	93.9	91.3	87.8	76.5	69.7	74.0	84.1	90.8	113.1	120.0	120.2	1126.7
2004	96.4	90.9	101.0	88.8	82.0	67.0	69.9	80.5	92.9	115.6	120.9	125.7	1131.6
2005	110.9	92.3	102.7	90.4	83.1	71.6	79.0	89.2	96.9	108.3	113.3	115.4	1153.2
2006	99.0	94.4	97.5	89.2	80.8	71.0	81.0	92.1	104.7	120.7	120.0	123.4	1173.9
2007	120.9	106.2	100.0	91.2	85.2	77.5	77.8	95.6	95.0	122.6	121.6	123.0	1216.8
2008	103.0	96.4	98.2	94.5	84.1	76.0	79.4	94.0	109.4	121.4	131.7	117.5	1205.6
2009	112.8	95.8	98.6	89.2	85.3	74.1	80.6	94.0	108.9	126.1	118.0	125.5	1208.7
2010	119.0	99.3	105.1	98.2	86.2	79.1	85.1	100.6	110.8	126.2	137.1	115.3	1262.0
2011	100.5	90.2	90.3	86.3	79.5	70.7	73.7	88.2	91.4	110.5	119.8	105.9	1107.1
2012	100.8	83.3	86.7	80.1	79.3	71.3	77.8	89.5	99.4	116.6	116.3	107.2	1108.2
2013	105.1	88.7	103.5	97.2	81.4	71.4	77.5	90.1	105.4	114.6	119.4	109.8	1164.2
2014	107.0	96.5	107.5	93.8	86.4	79.9	81.0	89.9	93.1	110.0	123.3	121.9	1190.3
2015	105.0	92.8	95.1	80.8	82.1	77.7	81.6	92.5	101.8	117.0	125.0	123.2	1174.6
2016	122.7	95.8	104.1	94.6	88.9	76.8	82.9	93.9	107.0	116.4	127.8	124.1	1235.2
2017	104.5	97.3	89.6	90.2	80.3	74.5	79.5	93.3	94.1	119.0	126.4	118.7	1167.5
2018	107.3	89.0	97.3	92.4	84.5	69.5	77.6	88.1	104.3	109.3	123.7	124.5	1167.3
2019	109.7	93.9	105.1	93.1	87.5	76.1	82.1	94.7	104.0	120.2	115.2	121.1	1202.5
2020	114.7	97.8	101.5	93.1	85.3	81.3	86.6	100.1	102.3	113.7	133.6	119.4	1229.4
2021	112.0	100.9	98.5	92.4	83.8	76.1	83.2	93.8	104.4	125.1	122.6	107.8	1200.5
2022	108.4	92.2	94.9	94.3	83.6	71.2	82.0	92.8	104.4	125.0	129.7	120.8	1199.3
Prom	105.7	92.8	96.2	88.5	82.0	71.7	77.2	89.1	99.3	114.8	118.3	116.1	1151.6
Desvest	6.7	6.1	6.2	5.1	3.3	4.1	4.3	5.5	5.3	5.9	8.1	6.9	47.9
Máx	122.7	106.2	108.1	98.2	88.9	81.3	86.6	100.7	110.8	126.2	137.1	128.7	1262.0
Mín	92.4	80.3	86.7	79.4	75.7	60.8	66.7	77.1	90.8	103.9	95.6	97.4	1077.5



Evapotranspiración (mm)													
Estación Juli													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	98.0	86.2	89.6	81.1	75.0	64.9	71.0	80.9	89.4	102.1	107.1	102.6	1047.7
1982	98.0	85.2	89.3	80.8	75.1	65.1	69.8	78.8	88.9	102.2	107.1	99.6	1039.9
1983	93.9	82.4	88.0	79.1	73.5	63.2	69.7	76.6	85.8	99.8	99.3	100.0	1011.2
1984	88.0	77.3	82.6	77.4	71.9	63.1	68.4	76.0	88.3	97.1	91.0	99.6	980.7
1985	93.9	79.5	89.6	77.4	73.5	62.1	65.1	76.8	83.2	104.4	91.9	91.2	988.7
1986	96.9	80.4	85.0	77.3	71.5	64.1	64.9	74.9	83.4	103.2	102.8	97.5	1001.8
1987	94.3	94.0	96.2	87.1	78.8	64.1	69.2	81.3	93.9	107.4	100.3	112.1	1078.7
1988	100.5	91.3	86.6	79.5	73.3	66.4	70.9	85.5	92.0	105.9	107.2	103.7	1062.8
1989	96.9	85.8	87.3	78.0	71.9	64.0	66.4	76.8	88.9	100.7	103.9	107.6	1028.3
1990	95.8	91.1	95.6	82.4	74.8	58.7	68.6	77.1	89.5	98.5	100.3	98.9	1031.3
1991	99.1	90.3	89.9	80.0	75.5	65.2	71.2	83.0	88.4	103.9	107.0	107.1	1060.6
1992	95.4	90.6	97.4	91.8	83.2	65.8	69.3	73.0	89.7	103.2	103.3	100.4	1063.2
1993	89.2	84.2	80.9	77.5	72.0	64.3	69.7	76.1	85.3	92.7	96.8	100.4	989.1
1994	99.1	83.9	87.6	76.0	71.1	62.4	68.3	78.9	84.8	99.9	98.9	96.8	1007.7
1995	99.4	94.7	89.3	89.0	78.7	67.8	72.6	86.2	88.4	107.1	103.8	102.4	1079.5
1996	98.7	83.6	92.2	80.9	75.0	66.7	68.3	76.4	88.5	104.4	97.8	100.4	1032.8
1997	95.4	82.0	87.3	77.8	73.8	65.6	71.8	73.4	84.9	104.0	100.7	110.0	1026.7
1998	106.0	97.2	100.9	89.5	81.2	66.4	72.7	84.2	93.5	101.8	101.8	106.2	1101.5
1999	93.9	78.1	80.5	74.5	70.7	63.8	68.0	75.8	84.7	93.2	102.2	105.3	990.8
2000	93.7	82.1	85.1	78.8	75.3	63.5	68.1	78.1	93.0	97.4	114.9	102.5	1032.5
2001	88.9	79.0	83.4	76.1	71.1	62.8	65.3	73.8	85.4	99.2	106.1	102.8	994.1
2002	100.5	84.2	89.6	76.5	70.7	62.3	62.3	74.4	83.8	94.5	101.7	103.3	1003.8
2003	97.5	86.1	90.6	84.1	71.2	64.5	66.7	75.1	80.9	99.0	102.9	104.4	1023.0
2004	89.5	82.5	91.6	81.4	75.1	61.2	63.2	72.2	81.9	101.9	106.3	104.0	1010.9
2005	98.3	84.5	95.8	82.8	76.1	66.3	72.0	79.8	88.6	96.8	99.5	102.9	1043.4
2006	95.5	89.3	91.3	76.9	72.3	62.6	69.4	79.9	88.2	97.8	95.4	100.7	1019.3
2007	100.5	85.8	82.9	77.2	73.8	66.3	67.0	81.8	79.6	100.6	102.2	101.5	1019.1
2008	89.5	84.5	85.7	80.1	75.0	67.2	71.1	82.0	93.1	103.1	110.5	97.5	1039.3
2009	99.8	87.8	87.3	78.2	75.0	65.9	71.2	83.5	93.3	109.7	102.1	102.9	1056.8
2010	99.6	90.6	95.2	88.5	76.4	68.7	75.0	84.4	95.0	103.4	111.9	100.7	1089.4
2011	101.3	78.7	83.9	81.6	75.5	68.1	69.7	81.4	85.4	102.1	107.4	97.1	1032.2
2012	93.9	80.3	85.0	78.5	74.8	66.0	71.5	80.7	88.3	105.2	106.5	95.5	1026.3
2013	98.7	83.5	93.2	87.2	73.7	62.2	67.7	78.8	93.5	102.8	104.1	95.5	1041.0
2014	96.9	89.4	100.2	87.9	78.9	71.9	71.3	79.6	85.6	96.4	106.8	105.1	1070.1
2015	96.9	84.9	86.6	76.1	71.8	69.2	71.5	81.6	89.5	106.2	109.4	107.3	1050.8
2016	108.5	91.0	98.9	87.1	78.1	68.2	74.8	83.8	95.6	104.1	109.6	106.2	1106.0
2017	95.3	88.7	82.1	80.7	72.6	66.5	71.6	84.2	86.3	105.9	110.4	102.6	1047.0
2018	96.5	83.9	87.6	83.8	76.3	64.0	69.1	79.1	92.1	98.6	109.1	109.1	1049.2
2019	98.5	85.3	93.6	83.3	78.4	69.4	73.2	83.2	89.6	102.8	101.6	105.1	1064.0
2020	104.6	91.6	93.6	83.9	78.5	72.1	76.8	91.0	89.8	104.1	119.1	106.6	1111.7
2021	104.8	95.6	91.4	79.3	75.4	67.9	74.1	82.0	93.7	114.0	109.4	98.2	1085.7
2022	102.7	87.4	90.3	85.1	78.3	65.7	73.3	84.6	90.7	116.5	118.5	110.2	1103.4
Prom	97.3	86.1	89.6	81.2	74.9	65.4	69.8	79.7	88.4	102.2	104.5	102.5	1041.5
Desvest	4.6	4.9	5.2	4.4	3.0	2.7	3.1	4.2	4.0	4.8	6.1	4.4	34.6
Máx	108.5	97.2	100.9	91.8	83.2	72.1	76.8	91.0	95.6	116.5	119.1	112.1	1111.7
Mín	88.0	77.3	80.5	74.5	70.7	58.7	62.3	72.2	79.6	92.7	91.0	91.2	980.7



Evapotranspiración (mm)													
Estación Laraqueri													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	116.5	100.9	106.8	98.0	89.6	80.1	85.9	99.7	112.1	129.2	136.4	133.0	1288.0
1982	117.3	102.2	107.1	97.7	89.6	79.8	83.0	95.3	111.9	130.2	137.4	125.2	1276.8
1983	110.3	96.5	104.4	97.7	90.3	77.3	83.6	93.2	110.0	130.4	129.9	125.3	1248.8
1984	102.9	89.7	100.1	92.0	86.9	76.5	82.8	93.7	108.7	125.1	123.8	125.1	1207.4
1985	112.7	96.0	105.4	91.1	86.9	75.9	80.9	97.0	106.2	131.6	119.6	110.2	1213.6
1986	110.6	94.2	99.3	91.2	87.0	77.3	80.0	92.0	106.5	129.7	131.7	122.3	1221.8
1987	110.5	107.4	111.5	102.9	92.9	78.2	84.0	99.7	115.1	133.9	129.6	140.3	1305.8
1988	127.2	107.8	107.9	96.2	90.7	79.8	86.2	104.5	115.1	132.7	139.9	132.8	1320.7
1989	116.0	97.5	101.4	92.4	85.5	77.7	80.5	92.8	108.0	129.6	131.0	135.5	1248.0
1990	119.3	106.5	107.0	96.1	89.5	70.8	78.7	92.0	109.2	127.1	128.6	117.6	1242.4
1991	113.1	104.1	108.3	95.5	89.5	78.0	83.9	99.0	106.9	130.2	133.0	132.5	1274.0
1992	119.3	108.0	112.8	100.5	93.4	79.7	82.7	86.1	109.0	128.2	130.1	127.2	1277.0
1993	107.8	100.7	98.9	94.0	88.0	76.9	82.5	92.0	105.1	117.4	130.0	127.6	1220.9
1994	119.7	100.3	102.4	89.4	84.2	74.2	81.3	96.2	108.7	130.5	129.8	124.2	1241.0
1995	117.1	105.1	103.6	98.8	92.0	80.2	86.9	104.5	103.7	127.5	125.8	117.5	1262.7
1996	107.9	91.9	101.1	90.1	84.4	74.7	78.7	91.1	102.6	128.2	118.4	116.5	1185.5
1997	107.8	94.8	99.3	89.2	83.0	76.9	83.0	85.3	100.8	125.6	125.6	139.8	1211.2
1998	134.0	119.5	120.8	106.8	94.0	78.2	85.6	100.7	117.6	130.4	129.5	139.5	1356.7
1999	123.3	96.7	99.3	89.2	85.6	77.1	79.2	87.9	105.4	114.1	129.5	134.0	1221.4
2000	112.3	96.0	103.4	94.4	88.6	74.2	78.6	91.0	111.7	127.1	136.3	122.3	1235.9
2001	105.5	96.2	99.7	89.5	83.6	73.7	79.7	89.3	107.2	126.0	133.1	127.7	1211.2
2002	127.2	96.5	102.2	84.8	81.8	74.9	77.3	86.9	107.9	116.6	126.7	122.4	1205.3
2003	116.7	100.1	99.0	93.8	84.7	74.9	81.0	93.2	104.2	126.3	134.7	137.9	1246.4
2004	102.4	99.0	114.0	100.5	92.0	74.6	78.7	90.8	107.7	134.4	140.1	140.8	1275.0
2005	122.6	97.7	109.3	99.2	93.0	77.9	85.9	98.6	108.9	126.0	131.9	130.6	1281.4
2006	106.5	104.5	106.3	96.0	87.8	77.8	82.3	98.8	112.2	128.4	127.0	135.5	1263.2
2007	125.8	106.8	101.5	94.3	89.7	80.5	82.8	101.8	102.0	129.7	129.8	127.4	1272.2
2008	110.1	103.6	105.7	102.1	89.9	79.3	83.5	99.2	115.3	128.7	139.1	126.7	1283.2
2009	120.4	101.4	104.2	94.6	89.3	78.6	83.5	98.6	116.2	136.9	129.0	131.4	1284.1
2010	118.0	103.2	112.5	104.7	92.3	83.3	87.4	103.5	119.2	133.3	145.2	127.4	1330.2
2011	122.2	94.2	101.8	97.5	89.1	80.7	82.1	100.9	108.3	135.0	136.3	123.8	1271.8
2012	112.3	93.3	97.5	91.2	88.1	77.3	84.8	97.9	112.1	133.6	135.9	115.0	1239.0
2013	112.0	99.5	112.1	104.3	90.7	74.9	80.6	95.8	115.8	131.1	136.4	121.1	1274.3
2014	115.9	108.3	118.5	103.9	93.8	85.1	85.2	97.0	102.4	122.4	136.9	137.5	1306.7
2015	114.5	102.8	105.6	87.9	87.7	83.2	85.5	98.8	114.9	130.2	139.9	144.9	1295.9
2016	143.4	108.3	129.9	104.4	96.0	81.0	86.8	101.9	118.7	131.1	140.4	142.0	1383.8
2017	112.7	109.8	100.5	98.3	90.1	80.4	86.0	104.2	108.5	135.0	143.7	136.1	1305.3
2018	121.5	101.2	107.2	104.3	91.3	74.5	80.5	95.4	115.3	125.8	141.1	137.2	1295.3
2019	123.5	104.6	116.3	99.8	94.1	81.4	85.9	101.3	114.5	129.4	127.6	132.5	1310.8
2020	126.9	105.9	111.4	101.1	94.5	83.7	89.2	108.3	107.8	123.1	147.4	136.6	1336.0
2021	122.7	110.0	106.0	101.1	91.2	80.1	88.0	99.7	113.9	138.0	137.4	117.2	1305.1
2022	116.6	100.5	109.2	106.1	94.1	79.3	88.4	101.6	121.6	138.3	147.8	136.4	1339.9
Prom	116.8	101.5	106.5	96.7	89.4	78.1	83.2	96.6	110.2	129.0	133.4	129.4	1270.9
Desvest	8.3	6.0	6.7	5.6	3.5	3.0	3.1	5.5	5.1	5.2	6.8	8.4	44.9
Máx	143.4	119.6	129.9	106.8	96.0	85.1	89.2	108.3	121.6	138.3	147.8	144.9	1383.8
Mín	102.4	89.7	97.5	84.8	81.8	70.8	77.3	85.3	100.8	114.1	118.4	110.2	1185.5



ANEXO 4: Datos usados para la calibración del modelo hidrológico GR2M

EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA (mm)-HISTORICA													
CUENCA ZAPATILLA													
Región: Puno			Provincia: Chucuito-El Collao				Distrito: Ilave-Juli						
Latitud: 16°15'29"			Longitud: 69°36'11"				Altitud: 3827-4613 msnm.						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	113.8	98.9	108.1	98.8	91.7	81.3	86.9	91.5	96.8	106.5	111.6	116.7	1202.5
1982	113.8	99.2	108.1	98.1	91.0	81.3	84.4	88.5	96.4	106.5	110.8	114.6	1192.6
1983	112.1	97.1	107.3	97.4	91.3	80.0	85.8	87.4	94.2	106.5	105.9	114.6	1179.5
1984	110.0	97.1	107.7	98.5	95.0	82.4	85.5	88.9	94.9	108.9	110.8	116.3	1195.8
1985	115.4	99.2	109.7	99.9	95.4	83.4	84.0	91.9	97.2	106.5	104.7	110.8	1198.2
1986	113.3	96.7	106.5	97.7	86.6	79.6	79.9	87.0	93.8	104.5	109.6	114.2	1169.5
1987	112.9	98.2	107.3	98.5	92.1	80.3	85.5	90.4	96.0	108.1	113.6	120.4	1203.2
1988	117.1	101.4	109.7	98.8	93.2	80.6	86.6	93.7	98.3	107.7	111.6	116.7	1215.3
1989	112.9	96.7	105.7	96.6	91.7	83.4	84.4	88.9	94.9	108.1	105.5	116.3	1185.1
1990	112.1	96.3	106.1	96.6	91.3	78.9	82.2	87.8	93.4	109.3	111.2	113.3	1178.5
1991	113.8	100.7	109.3	98.1	93.2	77.9	84.0	88.1	92.7	106.1	106.7	114.2	1184.8
1992	111.7	97.1	106.1	95.9	92.1	82.4	83.6	83.3	91.9	104.9	105.1	113.8	1167.9
1993	109.6	94.9	102.9	96.2	91.0	78.6	84.7	86.7	94.2	105.7	110.0	115.4	1169.8
1994	112.9	98.2	105.3	97.7	91.0	79.3	84.4	89.6	94.2	105.7	110.8	114.2	1183.1
1995	115.4	100.7	108.1	98.1	91.7	80.0	86.9	93.0	96.8	108.1	110.0	112.5	1201.2
1996	112.1	98.2	107.7	98.8	92.4	81.0	84.0	91.9	94.9	108.5	107.9	114.6	1192.0
1997	112.5	97.4	105.3	94.0	89.5	78.9	88.4	88.9	97.5	108.1	111.2	120.9	1192.6
1998	120.4	105.8	115.3	103.3	94.3	86.2	89.5	93.7	96.4	108.1	108.8	117.1	1238.8
1999	112.9	96.7	104.9	95.1	89.9	78.9	85.5	90.0	93.4	102.9	106.3	114.6	1171.2
2000	110.4	96.0	105.3	96.6	92.1	78.9	82.2	89.6	94.5	105.3	110.0	112.9	1173.8
2001	109.6	97.1	105.7	95.9	91.0	82.7	84.4	88.5	96.0	107.7	112.4	113.3	1184.2
2002	114.2	99.2	109.3	97.4	92.4	84.1	84.0	89.6	96.0	108.1	110.8	115.9	1201.0
2003	115.4	101.1	109.3	97.4	91.7	80.0	84.4	87.8	91.2	106.5	111.2	118.4	1194.1
2004	113.8	99.2	110.5	99.2	85.5	78.2	85.8	89.6	95.3	108.5	111.6	117.5	1194.7
2005	115.0	98.5	110.5	99.6	91.3	78.6	86.9	87.4	93.8	107.3	110.4	116.3	1195.5
2006	112.5	99.6	110.9	98.1	87.3	80.3	83.6	91.5	94.5	109.7	112.4	118.8	1199.2
2007	118.4	101.8	109.7	99.9	92.8	84.1	84.0	90.7	95.7	107.7	106.7	114.2	1205.7
2008	113.3	98.9	106.5	93.7	84.7	81.0	84.0	86.3	93.1	107.3	112.8	112.9	1174.4
2009	114.6	100.0	106.9	95.5	88.8	77.5	84.4	87.4	95.7	109.3	113.6	116.7	1190.2
2010	117.1	104.0	111.7	99.6	92.4	85.1	85.1	91.1	96.4	106.9	109.2	117.1	1215.7
2011	114.6	98.2	108.9	96.6	90.6	81.3	84.4	91.1	94.2	105.3	111.6	114.2	1190.9
2012	112.1	97.4	106.1	97.7	88.8	80.3	84.0	87.0	94.5	108.5	112.0	115.4	1183.9
2013	113.8	100.3	110.5	95.5	93.2	81.3	88.0	88.9	94.5	108.1	112.0	115.4	1201.5
2014	114.6	100.3	109.3	99.6	92.1	83.7	86.2	91.1	97.2	106.9	111.2	117.9	1210.1
2015	112.9	99.2	108.5	99.2	91.7	83.1	85.5	90.4	96.8	106.9	111.6	117.9	1203.6
2016	117.9	103.6	111.7	98.8	90.2	81.7	87.7	90.7	95.7	108.5	110.0	117.9	1214.4
2017	114.6	102.2	109.3	98.8	93.9	81.7	86.9	90.0	97.2	106.5	111.6	117.5	1210.1
2018	114.6	100.0	109.3	97.4	90.2	82.0	88.4	90.4	95.3	110.5	115.2	117.5	1210.7
2019	117.5	102.2	111.7	101.0	93.9	83.4	87.7	89.6	99.4	106.5	111.6	118.4	1222.8
2020	117.9	103.6	113.3	99.6	93.2	82.7	85.5	93.7	97.5	108.5	112.4	117.9	1225.8
2021	115.0	101.4	107.3	98.1	92.8	82.4	88.8	91.5	100.1	111.7	114.0	115.4	1218.5
2022	115.0	100.3	110.1	97.0	88.8	78.6	87.7	89.6	94.2	104.9	109.6	114.6	1190.3
Prom	114.1	99.4	108.4	97.9	91.3	81.1	85.4	89.6	95.4	107.3	110.4	115.8	1196.0
Desvest	2.4	2.4	2.5	1.8	2.3	2.1	2.0	2.2	1.9	1.7	2.5	2.2	16.5
Máx	120.4	105.8	115.3	103.3	95.4	86.2	89.5	93.7	100.1	111.7	115.2	120.9	1238.8
Mín	109.6	94.9	102.9	93.7	84.7	77.5	80.0	83.3	91.2	102.9	104.8	110.9	1167.9



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MEDIA (mm) - PRODUCTO PISCO													
CUENCA ZAPATILLA													
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli		
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	186.4	203.4	117.4	82.6	2.8	0.7	0.5	31.8	42.5	45.7	36.1	97.0	846.8
1982	217.1	78.9	89.2	75.1	1.1	2.1	1.2	7.0	79.9	61.0	70.8	27.4	710.7
1983	48.1	77.1	45.9	51.5	7.3	3.6	1.8	6.2	34.6	14.1	13.7	95.6	399.6
1984	279.0	305.4	181.0	40.1	9.0	15.3	2.6	20.4	2.5	67.5	90.8	93.1	1106.7
1985	117.8	262.0	116.5	119.4	17.9	25.7	0.5	16.8	91.8	13.4	120.5	138.7	1041.1
1986	142.2	246.9	164.9	126.1	3.7	0.6	4.5	8.9	25.5	16.2	40.2	132.8	912.4
1987	205.8	71.8	57.8	32.8	1.1	8.6	23.4	3.7	19.7	47.6	87.5	22.7	582.6
1988	161.9	64.3	180.9	121.4	7.6	1.1	1.5	0.4	20.1	31.7	14.5	80.7	686.1
1989	161.2	143.3	147.1	105.0	1.2	4.7	6.9	13.1	22.5	11.5	23.3	42.6	682.6
1990	124.7	47.9	50.4	49.6	10.6	50.7	0.2	21.6	14.5	54.2	77.5	142.0	643.7
1991	89.1	92.9	112.4	55.3	7.8	39.2	3.5	2.0	14.5	36.0	25.3	49.6	527.7
1992	135.7	109.2	27.7	17.3	0.0	4.4	3.2	47.0	2.0	27.0	50.3	66.4	490.1
1993	176.0	47.7	118.6	44.8	1.9	2.6	0.2	46.4	24.0	30.6	72.6	79.9	645.4
1994	140.3	139.1	101.1	72.5	7.8	1.3	0.3	0.7	7.3	12.2	47.4	120.6	650.5
1995	104.8	98.9	123.1	18.4	3.4	0.5	0.8	4.5	16.6	8.3	46.1	106.9	532.3
1996	186.9	130.5	34.9	41.2	2.3	0.6	5.3	30.1	9.9	11.2	75.8	81.0	609.6
1997	187.9	216.8	115.7	52.6	2.1	0.5	0.1	66.9	97.9	20.4	88.5	54.7	904.1
1998	103.4	91.4	96.0	52.3	0.0	16.4	0.1	0.6	8.2	40.7	48.8	37.8	495.8
1999	124.0	227.1	237.2	99.5	10.0	1.7	1.8	3.0	34.2	105.1	9.2	63.1	915.9
2000	229.9	212.2	121.0	19.6	4.5	4.3	1.0	11.8	5.6	58.0	6.0	100.0	773.8
2001	253.4	236.7	167.8	59.3	4.6	1.1	9.2	23.9	17.3	44.0	21.0	76.2	914.6
2002	89.7	220.4	187.8	144.4	11.3	12.0	36.0	13.6	9.2	52.4	53.6	94.9	925.3
2003	150.5	115.1	170.5	25.7	13.8	0.6	0.6	11.6	45.8	13.6	20.4	84.7	652.9
2004	217.2	135.2	57.7	34.7	2.8	2.3	27.0	53.9	22.1	1.4	16.2	73.6	644.0
2005	102.3	176.4	65.0	34.2	0.7	0.3	0.1	0.6	35.4	44.6	47.4	116.4	623.4
2006	316.4	102.0	133.1	44.4	2.7	3.8	0.2	5.0	25.2	38.1	90.2	77.2	838.3
2007	78.1	99.6	186.8	84.9	6.1	1.7	5.7	4.9	46.8	26.4	39.6	91.3	671.8
2008	235.8	109.0	71.5	17.0	0.8	2.2	2.4	3.0	1.9	36.1	3.2	131.5	614.6
2009	111.1	157.0	100.5	72.9	1.2	0.3	6.8	0.3	41.0	23.2	105.5	73.5	693.2
2010	169.5	162.3	64.0	42.5	24.9	0.5	0.1	6.7	3.2	37.6	8.1	107.5	626.9
2011	162.8	266.4	127.8	11.6	4.5	0.3	9.7	0.4	37.2	14.9	22.7	168.9	827.1
2012	147.7	276.1	167.1	76.4	0.2	1.4	0.2	3.9	11.4	14.7	29.6	194.3	923.1
2013	127.9	167.3	105.9	24.4	19.2	28.8	6.9	11.6	15.8	42.8	33.8	150.8	735.2
2014	195.2	84.8	49.4	35.6	0.3	0.4	2.7	31.8	32.5	38.3	21.2	64.9	557.0
2015	136.4	149.8	172.5	167.9	2.4	0.7	9.1	13.0	36.0	30.3	19.8	50.5	788.3
2016	78.5	193.4	7.2	88.7	1.5	5.1	9.7	4.3	16.5	31.2	10.8	74.4	521.2
2017	222.6	154.5	123.1	39.6	25.4	0.4	8.5	0.1	58.9	33.2	32.2	82.3	781.0
2018	157.4	188.0	110.1	45.8	4.4	30.4	38.3	4.3	5.2	71.8	19.1	64.6	739.3
2019	165.1	160.9	61.5	65.2	8.9	4.8	13.0	0.2	55.2	49.4	92.7	78.9	755.7
2020	101.0	149.9	84.9	21.5	20.6	0.5	0.3	0.1	52.5	58.4	10.2	158.6	658.5
2021	151.5	77.8	179.5	44.2	12.4	0.5	0.7	8.9	40.7	32.2	42.6	173.5	764.7
2022	182.1	143.9	93.9	45.1	0.1	0.5	0.3	2.0	9.8	1.3	4.5	50.6	534.0
Prom	158.9	152.2	112.5	59.6	6.5	6.7	5.9	13.0	28.4	34.5	42.6	92.2	713.0
Desvest	57.1	66.9	52.3	36.9	6.8	11.6	9.2	16.1	23.3	21.1	31.5	40.4	157.2
Máx	316.4	305.4	237.2	167.9	25.4	50.7	38.3	66.9	97.9	105.1	120.5	194.4	1106.7
Mín	48.1	47.7	7.2	11.6	0.0	0.3	0.1	0.1	1.9	1.3	3.2	22.7	399.6



CAUDAL MEDIO MENSUAL (mm)-HISTORICO													
ESTACIÓN HIDROMETRICA PUENTE ZAPATILLA													
Región: Puno				Provincia: El Collao				Distrito: Ilave					
Latitud: 16°08'25.40"				Longitud: 69°34'15.40"				Altitud: 3840 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986													
1987													
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007	4,40	7,01	29,58	19,74	7,96	4,30	3,44	1,99	1,17	0,82	0,62	2,56	6,97
2008	29,95	26,73	25,95	6,63	2,13	1,30	0,95	0,77	0,60	0,60	0,60	0,82	8,09
2009	2,04	4,02	11,83	6,74	3,72	1,68	1,13	0,96	0,90	0,82	1,46	1,11	3,04
2010	4,45	20,51	20,70	6,69	4,45	2,13	1,28	1,04	0,92	0,84	0,48	0,84	5,36
2011	10,43	50,52	37,69	14,43	6,95	5,62	3,40	2,32	1,78	1,41	1,17	2,06	11,48
2012	18,97	101,87	84,61	25,95	10,62	5,40	3,89	3,09	1,76	1,63	0,90	4,28	21,92
2013	11,86	30,01	30,39	10,34	5,38	4,42	3,07	2,43	1,58	1,64	1,94	3,08	8,85
2014	9,82	10,95	8,28	4,74	1,79	1,20	0,81	0,81	1,47	1,50	1,27	0,96	3,63
2015	1,59	5,07	20,05	13,32	8,95	3,84	2,59	1,73	1,11	0,89	0,74	0,65	5,04
2016	0,64	1,82	1,08	1,66	0,80	0,45	0,38	0,29	0,45	0,47	0,26	0,32	0,72
2017	14,50	13,80	29,14	11,50	6,57	3,56	2,03	0,92	0,92	0,79	0,47	0,64	7,07
2018	2,96	34,17	45,63	13,79	8,24	3,51	2,72	2,33	1,60	1,67	0,66	0,62	9,82
2019	1,52	11,51	5,81	5,76	2,67	1,38	1,21	0,83	1,15	1,12	1,36	1,33	2,97
2020	3,16	33,87	28,16	18,03	6,03	3,01	2,17	1,49	1,50	1,78	1,35	4,89	8,79
2021	28,80	10,72	26,92	28,13	8,54	4,25	2,18	1,65	0,79	0,83	0,65	4,61	9,84
2022	21,23	41,11	30,58	16,98	7,74								
Prom	10,40	25,23	27,27	12,78	5,79	3,07	2,08	1,51	1,18	1,12	0,93	1,92	7,57
Desvest	9,77	25,08	19,33	7,59	2,92	1,62	1,09	0,80	0,42	0,44	0,47	1,59	4,69
Máx	29,95	101,87	84,61	28,13	10,62	5,62	3,89	3,09	1,78	1,78	1,94	4,89	21,92
Mín	0,64	1,82	1,08	1,66	0,80	0,45	0,38	0,29	0,45	0,47	0,26	0,32	0,72

ANEXO 5: Datos climáticos futuros de los GCMs bajo el escenario SSP5 8.5

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM CESM2-WACCM													
CUENCA ZAPATILLA													
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli		
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	150.8	69.0	126.7	51.3	8.1	8.9	0.1	1.4	9.3	39.2	88.3	87.2	640.2
1982	228.3	188.5	111.8	33.6	0.1	0.8	9.1	37.3	3.3	16.6	43.9	64.6	737.9
1983	108.5	97.4	116.1	58.1	19.5	13.0	0.5	7.0	10.2	54.6	90.1	76.4	651.4
1984	101.5	91.3	154.5	42.6	9.9	3.8	11.7	4.8	24.1	20.2	90.6	130.3	685.4
1985	123.9	139.2	123.3	40.1	1.4	22.1	0.5	19.5	19.0	27.3	50.5	90.0	656.7
1986	266.5	187.7	116.2	47.3	1.3	0.6	2.8	31.6	1.9	50.8	71.4	62.0	840.1
1987	146.2	143.3	44.0	45.4	5.7	3.2	3.5	4.7	10.0	48.3	30.3	161.7	646.2
1988	253.8	140.8	143.3	104.2	3.4	5.1	18.3	6.7	25.3	15.2	40.6	91.4	848.1
1989	131.3	105.0	122.9	84.8	4.0	5.4	0.8	2.0	13.7	30.4	72.8	73.8	646.9
1990	150.3	236.8	26.3	85.1	1.0	0.3	0.3	14.0	19.8	11.0	36.2	116.4	697.5
1991	137.9	144.3	181.6	17.4	18.4	30.8	4.0	47.7	41.0	42.7	23.1	80.5	769.4
1992	165.4	217.4	80.7	106.1	13.8	48.1	0.6	0.7	22.7	16.2	36.9	42.2	750.7
1993	193.1	197.3	196.1	110.2	0.3	1.6	0.5	2.3	9.8	31.3	48.4	82.7	873.6
1994	128.7	140.9	167.6	63.9	2.8	0.6	0.4	4.2	11.2	49.5	25.2	78.2	673.2
1995	92.3	282.0	237.2	67.4	22.7	0.1	66.9	8.9	31.5	34.2	43.2	48.9	935.3
1996	118.6	138.3	99.5	19.2	2.5	0.5	24.7	4.3	11.7	38.4	57.1	79.0	593.6
1997	167.0	227.8	88.1	64.8	7.6	0.6	0.1	12.1	13.3	14.2	21.0	26.2	642.8
1998	260.4	95.6	184.0	57.2	13.3	1.8	10.0	0.7	19.7	8.1	47.4	49.6	747.7
1999	215.3	37.7	122.2	10.6	1.2	0.1	12.9	3.1	15.7	46.8	75.8	103.6	644.9
2000	100.3	93.4	173.6	53.1	18.2	4.4	0.4	4.5	6.2	23.3	40.7	101.1	619.3
2001	222.7	175.6	167.0	55.3	8.6	0.7	58.6	32.0	3.1	42.3	37.6	51.5	855.2
2002	148.8	181.5	101.0	16.3	0.6	29.8	7.7	0.5	8.7	33.8	92.6	142.6	764.0
2003	73.5	217.2	72.9	35.7	11.6	1.3	2.2	14.2	16.1	26.3	44.7	64.9	580.5
2004	161.7	220.3	61.9	52.4	1.9	8.3	0.6	11.8	5.7	20.5	58.8	22.7	626.5
2005	86.0	194.4	175.9	45.2	0.0	0.5	0.1	0.2	14.7	35.5	55.3	78.8	686.6
2006	276.0	174.0	75.4	48.9	1.1	0.2	1.2	6.0	11.4	53.3	104.5	47.9	799.8
2007	79.7	106.9	127.3	39.5	4.5	2.7	0.2	1.5	1.5	32.8	61.0	95.2	552.8
2008	212.1	152.5	50.6	35.1	3.8	27.5	1.0	2.1	4.8	25.6	40.0	168.7	723.9
2009	291.1	158.9	147.6	100.4	4.8	6.8	0.3	6.8	11.9	34.5	46.6	115.2	924.9
2010	50.4	74.1	119.7	34.7	2.2	0.2	0.3	4.9	8.8	45.9	64.7	157.4	563.2
2011	205.8	135.2	118.6	24.0	2.1	28.7	13.1	8.6	21.4	32.1	109.6	84.6	783.8
2012	169.8	162.3	180.6	7.3	11.1	5.0	0.2	9.7	32.5	2.0	53.1	81.2	715.0
2013	159.5	77.2	72.3	44.8	2.8	1.8	2.5	3.6	2.4	29.6	77.4	235.1	709.2
2014	187.1	316.4	136.2	19.9	4.5	4.5	0.2	9.3	7.7	38.1	120.5	153.7	998.3
2015	150.5	202.1	168.2	7.3	0.3	5.8	1.1	4.5	1.3	20.3	45.5	45.2	652.1
2016	57.5	157.0	170.7	24.9	0.9	0.3	21.6	2.5	13.6	92.2	35.9	99.3	676.3
2017	77.8	125.1	96.3	70.3	34.2	35.5	0.4	3.7	22.4	17.3	58.8	98.1	639.9
2018	120.0	185.3	117.5	59.1	2.6	0.6	0.4	1.1	8.2	14.5	98.4	64.3	672.0
2019	77.0	102.5	94.1	44.4	41.0	16.1	2.0	43.7	14.5	80.6	71.3	132.8	720.0
2020	109.3	177.6	120.4	25.4	27.7	0.5	0.2	2.6	4.6	32.2	88.3	78.3	667.2
2021	70.6	111.9	76.7	49.6	7.8	43.4	11.1	1.7	22.1	36.0	36.1	107.5	574.4
2022	246.7	162.4	89.8	9.4	0.0	0.3	24.9	0.5	16.5	14.5	47.2	135.4	747.7
Prom	154.1	155.8	122.8	47.9	7.8	8.9	7.6	9.3	13.7	32.8	59.1	93.0	712.7
Desvest	65.0	57.9	45.7	27.1	9.6	13.0	14.3	11.9	9.0	17.8	25.1	42.6	103.9
Máx	291.1	316.4	237.2	110.2	41.0	48.1	66.9	47.7	41.0	92.2	120.5	235.1	998.3
Mín	50.4	37.7	26.3	7.3	0.0	0.1	0.1	0.2	1.3	2.1	21.0	22.7	552.8



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM CMCC-CM2-SR5														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli			
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.			
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Annual	
1981	162.3	111.3	100.3	45.5	0.0	0.5	0.2	2.2	15.6	37.9	32.7	232.7	741.2	
1982	91.6	108.9	97.0	38.7	6.5	37.5	0.1	44.6	21.3	22.3	38.9	94.5	602.0	
1983	143.2	84.6	121.9	41.1	3.4	9.0	0.5	23.3	1.9	45.9	22.4	22.7	519.9	
1984	216.7	119.3	158.7	7.8	0.2	0.3	2.7	6.8	22.8	36.7	35.9	142.0	749.9	
1985	265.2	78.7	116.4	98.6	0.1	6.9	0.6	31.9	2.8	69.0	97.4	107.9	875.3	
1986	157.1	147.9	69.0	44.8	1.1	0.3	0.8	30.0	14.5	42.4	54.2	136.3	698.4	
1987	193.0	129.4	102.6	44.5	32.2	5.9	3.3	1.9	11.2	44.6	75.8	106.8	751.1	
1988	174.9	50.4	178.8	43.8	15.1	0.5	1.1	6.9	16.2	9.8	36.1	90.9	624.5	
1989	280.4	235.8	180.5	21.9	18.3	0.4	1.1	2.5	15.0	84.7	106.3	152.6	1099.5	
1990	136.1	186.1	131.9	24.1	3.5	66.9	4.2	54.0	14.5	43.2	80.1	70.6	815.3	
1991	316.4	73.5	104.8	93.6	7.6	1.6	0.5	19.2	8.7	71.8	61.4	43.1	802.2	
1992	154.3	132.8	84.5	7.9	9.5	3.6	4.3	23.9	21.0	23.7	43.8	77.0	586.3	
1993	77.9	102.0	167.3	45.0	16.9	0.3	3.8	0.7	2.8	33.9	23.5	67.8	542.1	
1994	82.8	73.8	110.0	51.1	4.8	0.2	4.8	13.0	6.9	35.0	12.4	104.2	498.9	
1995	80.5	150.5	118.7	12.2	4.5	4.0	0.4	28.8	8.1	58.3	97.0	109.2	672.2	
1996	114.7	55.0	167.5	40.1	2.8	0.6	1.2	5.0	19.7	89.0	31.6	49.5	576.8	
1997	91.2	104.8	73.0	28.5	1.8	15.3	3.5	13.6	16.9	36.2	72.9	48.7	506.7	
1998	79.9	150.0	168.2	24.9	0.7	0.2	0.1	26.8	13.6	30.2	46.7	52.2	593.6	
1999	181.5	253.4	173.6	57.2	35.0	1.8	0.3	31.8	6.9	46.4	67.7	187.7	1043.4	
2000	222.6	158.7	145.5	20.7	1.1	0.2	4.8	30.3	20.3	40.2	34.3	30.0	708.6	
2001	81.1	200.2	117.4	68.1	1.6	0.4	0.3	11.7	13.7	47.6	16.5	61.5	620.0	
2002	177.3	64.3	63.9	90.3	2.5	49.2	0.7	9.1	32.2	55.2	30.6	169.8	745.0	
2003	116.0	133.4	237.2	52.6	8.3	13.4	1.3	0.6	8.8	42.7	90.7	78.8	783.9	
2004	94.1	161.9	119.7	34.2	11.7	8.6	0.3	15.7	5.5	23.0	58.0	124.0	656.6	
2005	139.0	48.0	58.7	85.2	36.8	3.0	0.5	11.7	1.3	25.5	24.9	64.6	499.0	
2006	218.2	99.8	106.4	58.1	0.7	9.9	1.7	6.5	19.7	32.7	104.8	220.7	879.2	
2007	140.2	166.9	170.3	49.6	1.3	0.1	8.2	3.0	14.7	13.0	10.0	74.9	652.1	
2008	138.6	217.0	120.4	10.7	2.3	2.1	0.6	6.5	27.6	50.7	40.8	143.0	760.4	
2009	39.6	190.0	73.9	49.0	4.5	0.2	0.5	21.5	18.8	49.2	40.6	43.9	531.8	
2010	101.0	119.9	85.4	82.4	6.6	4.7	0.1	8.2	14.2	20.3	50.5	125.4	618.6	
2011	132.2	224.9	78.1	129.0	25.4	2.3	0.2	5.3	5.2	59.0	91.6	77.9	831.1	
2012	186.9	95.6	147.8	50.6	25.7	0.4	0.7	3.7	26.4	38.0	36.0	127.5	739.3	
2013	205.7	262.4	123.0	10.0	4.4	0.1	4.5	42.2	9.2	29.8	54.1	97.0	842.4	
2014	78.9	99.9	55.3	17.2	19.2	1.5	9.7	47.5	11.0	34.6	32.2	212.1	619.1	
2015	84.9	161.1	184.3	46.6	0.0	0.7	0.6	8.8	16.9	11.7	47.3	247.2	810.2	
2016	168.7	88.3	205.4	19.7	3.0	1.4	10.6	12.1	1.5	47.5	120.5	92.9	771.5	
2017	305.3	174.1	113.3	42.8	7.5	0.2	0.5	4.5	16.1	31.2	39.1	166.2	900.8	
2018	150.7	160.3	72.8	64.0	0.3	1.0	2.0	0.5	14.5	10.0	89.9	98.7	664.9	
2019	236.6	194.5	114.3	34.3	2.5	2.6	4.3	26.5	2.0	77.8	41.0	75.6	811.9	
2020	275.7	162.8	52.2	123.4	2.1	2.5	5.1	9.2	4.4	25.4	11.4	77.2	751.4	
2021	148.7	157.4	64.3	11.0	18.2	4.4	0.6	19.5	45.5	3.8	49.3	102.2	625.1	
2022	197.4	144.3	181.6	125.4	1.2	35.7	2.0	12.6	8.2	52.8	20.8	65.2	847.3	
Prom	158.1	138.9	121.8	48.7	8.4	7.2	2.2	16.3	13.8	40.1	51.7	106.5	713.6	
Desvest	68.1	55.1	45.6	32.1	10.1	14.2	2.6	14.0	9.1	19.8	29.0	55.3	139.6	
Máx	316.4	262.4	237.2	129.1	36.8	66.9	10.6	54.0	45.5	89.0	120.5	247.2	1099.5	
Mín	39.6	48.0	52.2	7.8	0.0	0.1	0.1	0.5	1.3	3.9	10.0	22.7	498.9	



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM EC-Earth3													
CUENCA ZAPATILLA													
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli		
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	195.9	219.7	94.5	45.2	8.1	35.1	5.0	4.5	4.6	1.4	84.4	61.5	759.9
1982	150.9	73.7	66.9	75.2	4.5	0.4	31.2	4.3	10.7	21.6	97.4	51.7	588.4
1983	123.9	97.2	140.4	25.6	0.7	0.6	1.9	23.3	9.8	5.8	22.7	100.4	552.3
1984	159.0	163.4	110.5	44.6	4.5	21.7	9.5	26.8	14.6	83.6	35.7	119.2	793.0
1985	78.4	186.5	95.8	21.0	11.7	3.6	1.9	8.9	25.3	52.7	44.0	49.5	579.3
1986	238.0	114.8	181.9	19.8	20.9	3.6	0.1	6.9	75.7	10.0	47.7	22.7	742.3
1987	227.9	161.7	107.1	31.5	1.1	11.8	2.0	0.2	3.3	10.3	40.7	135.7	733.5
1988	282.0	79.0	167.7	24.9	1.9	0.1	1.8	19.5	25.6	31.9	16.1	44.0	694.5
1989	135.2	143.5	101.2	47.2	7.6	6.3	2.5	11.7	3.1	2.5	71.8	112.0	644.5
1990	99.4	211.5	116.4	44.8	9.0	5.4	4.8	24.3	33.0	13.9	36.0	75.8	674.3
1991	162.3	186.2	174.2	53.6	1.3	0.7	6.8	4.9	16.5	36.1	73.7	81.7	797.9
1992	74.5	64.3	165.8	40.3	24.5	2.7	0.3	0.2	8.4	23.4	120.5	78.0	603.1
1993	173.4	156.0	123.3	19.2	2.8	4.7	4.2	51.2	34.2	58.8	77.4	131.6	836.8
1994	159.8	164.0	79.9	60.3	6.2	1.1	8.6	39.3	15.9	11.2	11.4	65.7	623.4
1995	95.6	92.3	72.1	36.2	7.1	1.2	8.9	16.1	54.3	8.2	39.8	90.7	522.6
1996	77.2	217.0	117.3	30.1	7.8	2.3	0.5	12.8	46.1	9.2	90.2	101.2	711.7
1997	193.8	91.6	180.4	61.3	4.6	0.3	7.8	51.1	30.6	37.3	46.8	42.9	748.6
1998	256.3	139.2	186.3	40.1	0.0	0.5	0.6	33.5	14.7	9.0	47.4	91.2	818.8
1999	129.2	87.3	148.9	57.6	25.4	0.7	11.1	45.3	30.2	24.2	33.7	47.8	641.6
2000	300.6	136.3	127.3	12.3	2.6	2.7	4.5	0.2	19.4	26.0	20.9	50.5	703.1
2001	98.5	150.4	207.1	57.9	17.8	0.6	0.2	15.4	15.1	8.1	39.2	65.6	676.0
2002	77.8	149.9	119.2	17.5	7.4	4.5	0.4	13.0	7.8	19.7	53.5	55.8	526.5
2003	266.1	156.3	168.1	51.4	2.8	9.6	0.5	29.8	47.3	23.1	5.8	140.3	901.0
2004	242.4	222.6	100.7	48.9	3.6	0.3	25.0	17.2	25.0	51.1	37.4	78.8	853.0
2005	107.3	161.5	121.5	72.9	2.2	0.5	3.1	0.6	11.9	13.7	49.7	124.5	669.4
2006	157.4	193.2	118.7	43.0	0.1	8.3	5.1	13.3	11.7	5.1	102.3	149.8	808.1
2007	101.1	189.0	72.3	35.2	1.6	0.1	2.2	3.8	20.3	16.6	109.6	105.9	657.7
2008	181.0	181.4	143.1	52.1	2.0	0.6	28.8	0.5	22.6	38.0	96.3	77.1	823.4
2009	187.8	167.2	116.1	34.2	0.0	0.1	1.3	31.1	20.9	44.6	14.5	116.1	734.0
2010	80.0	94.9	120.9	34.5	8.5	0.2	0.6	2.1	29.9	90.6	32.2	49.1	543.5
2011	144.2	212.8	178.4	10.6	0.8	1.3	1.1	10.0	88.9	1.3	35.4	71.8	756.5
2012	109.2	197.2	103.5	19.0	4.7	9.1	0.5	12.1	42.7	14.5	31.0	82.2	625.7
2013	228.5	169.8	160.4	49.6	1.2	1.0	6.8	1.6	27.3	21.5	91.5	102.7	861.7
2014	221.0	151.2	126.7	85.2	0.4	0.3	0.3	66.9	20.3	50.5	32.6	64.6	819.9
2015	106.8	141.7	85.8	43.6	2.5	0.2	5.5	4.0	1.9	46.0	57.7	129.2	624.9
2016	235.4	275.6	237.2	16.9	11.3	1.5	0.4	2.7	32.1	70.1	36.1	33.1	952.5
2017	256.6	175.6	110.3	39.5	10.0	0.4	0.3	2.4	42.0	2.0	48.7	132.8	820.6
2018	217.6	142.2	170.2	64.5	13.8	1.8	3.7	38.2	58.7	61.1	17.3	145.2	934.3
2019	108.9	86.2	90.2	55.3	1.0	0.5	0.7	48.0	39.6	45.2	43.1	103.3	622.0
2020	84.5	73.4	123.0	84.7	45.4	4.3	0.5	0.7	34.7	16.2	55.0	38.3	560.7
2021	316.4	200.6	99.2	79.9	3.4	3.1	13.7	6.6	13.5	66.4	41.2	93.3	937.4
2022	121.8	212.1	63.9	50.6	0.2	0.8	0.1	0.1	19.7	13.5	40.6	80.6	604.0
Prom	165.8	154.5	128.4	43.8	7.0	3.7	5.1	16.8	26.4	28.5	50.7	85.6	716.2
Desvest	69.2	49.7	40.3	19.5	8.9	6.5	7.4	17.4	18.9	23.5	28.5	34.0	119.0
Máx	316.4	275.6	237.2	85.2	45.4	35.1	31.2	66.9	88.9	90.6	120.5	149.8	952.5
Mín	74.5	64.3	63.9	10.6	0.0	0.1	0.1	0.1	1.9	1.3	5.8	22.7	522.6



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM EC-Earth3-Veg													
CUENCA ZAPATILLA													
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli		
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Annual
1981	184.5	182.1	133.2	44.8	4.6	0.5	2.0	8.8	4.6	16.4	32.2	50.5	664.2
1982	193.0	145.4	237.2	12.5	1.2	0.4	0.1	2.1	15.3	26.6	47.3	31.5	712.6
1983	194.5	107.0	122.8	48.8	2.8	9.7	3.6	2.5	8.6	24.9	84.0	91.0	700.2
1984	119.6	234.2	120.7	52.6	1.3	0.3	1.7	0.7	10.6	9.9	50.4	79.0	680.9
1985	78.0	221.7	80.3	64.9	1.1	2.5	18.3	2.2	21.8	34.2	32.2	55.6	612.9
1986	134.8	144.4	119.6	45.2	7.9	0.3	0.6	9.0	24.3	19.7	90.8	73.5	670.1
1987	78.6	142.1	166.9	35.1	7.8	4.8	0.1	0.2	16.1	5.0	97.4	125.4	679.6
1988	77.0	108.8	123.4	18.3	41.7	0.2	9.2	21.6	20.0	42.1	90.2	62.0	614.5
1989	167.8	169.8	176.9	18.2	3.8	0.7	7.5	6.9	8.9	22.5	32.7	91.6	707.4
1990	79.3	107.3	118.7	59.0	11.0	5.8	2.3	38.5	30.2	47.8	73.3	42.5	615.8
1991	224.7	261.6	92.4	8.6	49.5	0.5	0.6	6.1	18.1	21.0	37.7	22.7	743.6
1992	119.9	100.0	114.4	52.5	20.9	14.1	0.7	50.2	16.2	16.7	40.3	75.8	621.7
1993	149.8	94.9	117.3	24.0	0.6	1.7	0.2	47.5	9.4	38.9	92.9	50.5	627.7
1994	70.9	138.7	97.4	51.6	0.4	0.4	4.7	4.3	38.4	36.1	52.9	150.8	646.5
1995	154.2	187.8	184.9	58.3	19.6	0.7	0.4	3.5	34.7	2.1	84.3	93.8	824.2
1996	205.3	130.5	116.7	32.3	0.2	5.3	5.0	11.7	41.0	42.7	38.1	73.6	702.5
1997	97.1	111.8	100.3	41.4	2.7	34.6	9.2	0.5	9.7	2.3	67.4	99.7	576.7
1998	158.6	186.9	103.9	14.4	0.1	0.6	0.1	66.9	58.6	43.6	3.0	48.0	684.6
1999	150.4	161.4	144.4	35.4	4.8	3.3	3.8	2.7	20.4	32.7	14.3	37.3	611.0
2000	152.4	104.5	167.6	10.7	17.4	0.6	1.4	25.2	46.0	22.7	75.8	50.0	674.1
2001	113.7	81.2	148.4	15.6	4.0	0.5	0.1	4.6	48.5	1.3	5.9	132.8	556.5
2002	92.5	157.2	202.7	47.3	2.1	4.5	3.1	30.5	30.7	25.6	11.3	123.9	731.2
2003	174.7	178.2	128.1	24.9	40.1	0.6	0.3	4.4	13.7	20.3	14.5	78.9	678.7
2004	212.8	217.0	163.0	21.6	4.5	0.2	0.2	6.8	10.5	23.4	40.8	222.7	923.4
2005	162.1	204.1	172.9	45.5	1.0	1.1	0.2	1.4	40.4	14.6	45.4	98.1	786.9
2006	149.9	86.9	122.6	55.3	0.8	0.5	0.6	33.6	29.8	8.1	120.5	84.6	693.2
2007	215.9	135.4	180.6	57.5	2.2	19.5	8.4	11.5	11.6	14.7	61.0	104.6	822.9
2008	157.4	168.7	85.1	62.4	2.0	6.6	5.1	39.1	7.1	5.8	13.6	48.1	600.9
2009	163.5	82.3	110.3	34.5	19.2	13.1	8.5	58.9	1.6	34.7	49.4	139.1	715.0
2010	286.2	131.3	183.3	50.5	2.8	4.0	0.3	11.7	21.3	3.4	47.5	80.8	823.1
2011	266.4	86.2	67.7	25.8	0.0	1.0	0.2	26.9	18.7	33.8	92.1	46.7	665.5
2012	316.4	217.7	126.1	63.3	9.2	4.9	1.2	10.0	15.4	1.8	103.3	101.0	970.3
2013	163.7	188.8	79.8	72.9	25.4	1.1	16.0	23.4	44.6	71.5	70.3	102.4	859.9
2014	143.5	91.2	88.5	74.6	2.5	4.4	2.7	44.2	36.2	35.7	109.8	65.3	698.5
2015	174.0	95.6	84.5	39.0	6.4	0.5	0.1	28.8	8.1	76.7	59.1	109.2	682.1
2016	195.0	160.2	89.1	72.6	7.6	6.9	0.3	4.2	46.7	23.1	36.0	66.8	708.5
2017	233.0	236.8	168.0	44.4	11.7	2.0	1.3	12.1	55.6	26.8	19.8	140.5	952.1
2018	64.6	275.4	102.1	44.3	0.0	0.3	2.9	14.7	46.4	11.4	31.3	136.6	730.0
2019	162.1	247.0	106.7	34.2	7.3	0.7	31.4	1.0	13.0	51.8	31.5	64.3	750.8
2020	282.6	141.6	99.3	69.0	3.4	12.7	1.8	29.8	54.2	12.9	14.3	102.0	823.7
2021	252.7	185.7	170.6	6.7	1.4	1.8	0.5	24.1	25.3	53.6	57.0	77.2	856.5
2022	126.6	77.9	111.4	10.0	29.0	3.8	0.4	13.0	36.8	43.8	88.6	74.9	616.1
Prom	164.3	154.5	129.3	40.5	9.1	4.2	3.7	17.8	25.5	26.3	53.8	85.9	714.7
Desvest	61.8	54.5	38.6	19.7	12.2	6.6	6.1	17.5	15.8	18.2	31.2	38.7	99.5
Máx	316.4	275.4	237.2	74.6	49.5	34.6	31.4	66.9	58.6	76.7	120.5	222.7	970.3
Mín	64.6	77.9	67.7	6.7	0.0	0.2	0.1	0.2	1.6	1.3	3.0	22.7	556.5



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM INM-CM5-0														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli			
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.			
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual	
1981	116.9	92.4	167.8	38.7	2.6	0.6	1.9	27.9	9.2	20.7	54.2	78.3	611.2	
1982	247.0	78.3	127.7	45.5	0.3	0.2	6.6	23.3	8.2	1.7	69.6	179.6	787.9	
1983	187.2	120.5	181.1	63.3	2.3	0.2	0.5	12.2	57.8	9.8	60.2	100.9	795.9	
1984	274.9	161.1	177.5	78.2	44.4	0.2	2.2	9.2	31.7	35.9	93.3	169.8	1078.5	
1985	222.7	139.6	99.6	50.2	35.4	0.7	0.5	4.8	14.5	4.4	91.6	89.0	753.0	
1986	150.9	82.0	174.9	48.8	6.0	4.5	0.5	19.3	13.6	11.3	85.9	64.5	662.0	
1987	95.1	83.6	122.9	52.1	1.2	8.6	4.2	23.9	54.2	10.2	66.8	61.1	583.9	
1988	161.0	107.5	119.4	26.5	0.1	0.6	0.6	31.6	18.8	31.1	36.2	49.7	583.1	
1989	150.3	223.8	167.9	20.9	8.8	0.2	0.2	19.4	17.6	49.8	22.7	100.0	781.5	
1990	90.1	236.7	121.0	59.9	4.5	0.7	0.5	26.9	47.4	20.3	48.0	22.7	678.7	
1991	123.9	197.7	180.6	57.8	18.2	0.1	2.3	7.2	23.5	16.1	75.7	75.7	778.8	
1992	203.4	162.3	97.2	40.2	1.1	4.3	6.9	32.3	21.0	8.1	30.4	193.1	800.4	
1993	221.3	232.2	169.6	74.8	2.7	1.7	1.8	8.9	14.6	7.7	25.3	40.0	800.6	
1994	74.6	174.8	110.2	19.5	9.9	1.5	1.3	26.5	34.1	8.8	21.9	52.1	535.2	
1995	304.5	138.3	111.0	51.5	15.8	0.3	11.4	12.1	5.0	55.6	16.7	48.7	770.8	
1996	65.5	263.6	65.2	35.2	9.1	0.1	2.4	46.1	14.5	32.2	120.5	73.8	728.2	
1997	93.6	131.2	89.0	44.3	11.0	0.7	8.3	8.9	5.9	32.5	41.0	47.9	514.4	
1998	216.9	157.3	125.6	25.4	1.0	4.3	1.9	13.6	46.0	48.6	61.0	82.3	783.8	
1999	281.0	217.9	166.1	100.8	1.5	0.4	0.5	9.1	2.6	19.7	16.5	149.4	965.5	
2000	129.0	205.4	116.2	55.2	3.3	0.6	0.4	29.9	29.9	39.0	91.1	50.4	750.2	
2001	212.2	77.2	197.6	21.4	0.0	0.1	5.1	66.9	10.8	20.3	26.8	77.1	715.5	
2002	166.6	150.4	94.4	47.7	17.4	0.5	3.6	36.2	21.1	25.6	1.8	37.0	602.4	
2003	169.7	106.6	118.6	52.8	0.0	3.8	4.4	14.3	42.9	30.2	77.8	99.4	720.5	
2004	139.2	162.2	104.0	19.2	0.3	0.3	4.1	47.1	53.1	40.6	37.1	80.1	687.2	
2005	158.6	135.7	72.9	10.6	0.8	2.7	1.3	6.8	13.1	3.1	37.7	194.3	637.7	
2006	170.5	132.8	117.3	71.9	32.1	0.3	5.6	5.4	3.8	11.5	14.1	30.1	595.4	
2007	78.9	137.3	146.8	34.2	13.3	5.0	0.6	16.5	15.3	44.7	35.2	56.2	583.9	
2008	91.2	131.2	88.7	42.8	6.7	0.8	1.1	2.1	1.3	15.3	24.9	78.8	485.0	
2009	105.0	142.1	100.0	49.6	3.9	0.7	3.0	36.2	36.0	47.3	38.1	85.6	647.6	
2010	188.8	147.1	143.7	13.7	1.3	0.5	0.3	11.8	11.4	34.6	45.3	70.2	668.8	
2011	153.5	316.4	163.1	44.8	4.5	1.0	3.6	30.8	42.7	13.7	98.7	141.9	1014.8	
2012	184.2	103.6	72.4	45.2	8.2	2.6	3.8	13.0	49.5	46.2	41.0	134.6	704.2	
2013	157.4	151.7	84.5	24.9	7.4	0.3	6.9	50.3	23.7	51.5	101.2	125.0	784.8	
2014	91.5	181.6	116.2	18.4	2.0	2.0	3.0	54.4	22.6	23.1	109.9	77.8	702.6	
2015	162.6	109.7	139.1	34.6	2.0	0.4	4.5	39.9	43.8	32.1	88.7	111.5	768.9	
2016	274.4	98.8	106.3	40.1	2.4	1.2	0.3	21.5	12.3	39.8	26.6	97.0	720.8	
2017	235.9	249.6	61.7	57.7	7.8	0.5	4.9	9.6	2.0	58.2	89.0	95.6	872.3	
2018	102.0	108.7	237.2	4.1	7.6	0.2	4.7	11.6	19.7	16.2	36.1	73.4	621.6	
2019	166.2	114.8	185.6	82.3	2.9	1.6	2.6	6.0	38.3	33.8	73.0	64.3	771.4	
2020	143.5	102.4	85.1	28.4	4.8	0.3	0.1	10.3	9.9	72.1	82.0	70.5	609.4	
2021	144.0	216.9	122.0	24.3	11.9	3.1	0.5	13.4	33.3	5.7	8.8	80.5	664.3	
2022	187.6	117.7	123.4	65.0	0.7	0.1	0.7	1.1	14.7	46.7	42.0	45.7	645.3	
Prom	164.1	152.4	127.9	43.4	7.6	1.4	2.9	21.4	23.6	28.0	53.9	87.0	713.5	
Desvest	60.6	55.9	40.1	20.9	9.8	1.8	2.6	15.6	16.2	17.6	31.1	42.8	123.6	
Máx	304.5	316.4	237.2	100.8	44.4	8.6	11.4	66.9	57.8	72.1	120.5	194.3	1078.5	
Mín	65.5	77.2	61.7	4.1	0.0	0.1	0.1	1.1	1.3	1.7	1.9	22.7	485.0	



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM KACE-1-0-G													
CUENCA ZAPATILLA													
Región: Puno		Provincia: Chucuito-El Collao						Distrito: Ilave-Juli					
Latitud: 16°15'29"		Longitud: 69°36'11"						Altitud: 3827-4613 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	73.8	106.9	98.0	52.8	41.4	23.9	5.0	2.1	30.2	13.6	71.4	41.4	560.5
1982	166.6	162.3	52.4	167.8	4.5	0.8	0.5	1.8	9.7	13.7	31.1	46.1	657.4
1983	142.7	175.7	80.2	45.2	3.0	3.8	4.3	0.7	32.6	8.8	32.2	109.7	638.9
1984	168.8	217.2	103.8	85.2	4.7	0.3	21.6	26.2	14.1	49.3	16.8	80.8	788.8
1985	75.9	258.6	85.5	55.9	4.1	13.0	4.5	6.9	11.3	33.0	46.0	93.5	688.0
1986	220.4	95.6	116.3	118.3	1.0	0.6	0.2	0.6	3.2	90.9	50.5	88.0	785.6
1987	101.8	77.2	55.3	64.0	2.0	2.4	0.9	1.1	14.6	6.9	9.3	111.9	447.6
1988	172.0	161.8	79.3	90.1	1.2	1.7	4.2	38.0	30.7	22.7	10.0	52.2	663.9
1989	127.0	279.9	123.4	38.3	9.9	0.5	0.6	2.5	8.7	92.2	58.4	81.2	822.6
1990	205.3	143.2	149.4	49.1	0.0	3.8	1.2	2.2	44.0	19.5	55.5	124.9	798.3
1991	162.9	201.6	168.5	13.7	1.8	0.2	6.8	0.4	14.7	2.3	67.7	141.5	782.1
1992	194.4	116.3	169.7	11.9	38.6	0.3	10.1	3.4	78.8	56.6	46.8	78.2	805.1
1993	159.0	64.9	19.2	120.4	17.3	2.7	4.4	6.6	22.4	37.4	25.7	104.9	584.9
1994	148.1	187.9	106.3	59.3	21.2	1.3	3.1	35.4	14.3	59.6	48.8	64.3	749.4
1995	103.0	95.4	151.1	7.3	6.5	17.8	8.2	11.6	24.7	36.0	85.6	78.8	626.2
1996	117.6	188.4	44.0	18.0	7.6	0.1	0.4	8.9	21.5	44.0	38.1	68.7	557.3
1997	222.8	276.9	119.4	115.4	6.8	16.3	0.2	0.1	1.3	5.2	39.5	22.7	826.5
1998	78.3	91.3	11.3	49.6	2.6	0.4	0.4	4.5	16.1	39.9	35.1	79.6	409.2
1999	181.6	157.4	144.4	72.3	4.5	13.3	1.5	4.8	23.2	24.8	36.3	48.0	712.1
2000	156.2	290.6	198.0	181.7	34.7	5.4	22.8	2.3	45.7	53.3	43.0	130.7	1164.4
2001	138.8	161.2	171.8	101.3	3.4	57.9	19.6	40.4	41.0	106.0	53.0	150.5	1044.8
2002	108.2	100.1	183.2	99.1	2.2	12.8	7.9	0.5	15.5	21.0	40.8	39.5	630.8
2003	144.3	197.1	166.3	58.5	7.8	0.7	2.8	0.5	13.0	54.2	36.1	77.8	759.0
2004	156.3	186.9	122.3	1.2	0.4	0.5	15.3	3.5	27.7	15.3	89.9	64.6	683.9
2005	97.2	132.8	72.2	45.7	2.5	0.6	4.9	30.9	17.1	42.7	34.7	49.6	531.0
2006	91.3	113.2	50.5	46.1	0.2	0.1	0.2	13.6	10.3	2.0	11.4	135.7	474.7
2007	160.5	193.1	110.9	93.5	20.8	0.3	0.1	9.7	35.7	38.4	31.6	73.2	767.8
2008	102.9	152.3	118.2	40.1	28.8	1.4	6.9	31.2	12.8	8.1	42.5	73.2	618.4
2009	150.6	169.8	44.8	34.7	1.7	1.8	12.1	11.5	47.4	51.8	78.0	77.0	681.1
2010	217.3	123.9	100.6	0.6	0.1	11.8	0.5	27.4	1.8	40.7	25.4	61.7	611.8
2011	268.7	230.6	25.0	65.0	16.4	0.3	3.6	66.9	10.8	20.1	75.8	75.1	858.3
2012	89.7	123.8	51.3	18.5	3.9	33.5	4.3	5.2	6.7	26.0	46.0	79.0	487.7
2013	166.1	212.5	65.1	25.5	0.0	2.6	0.1	5.5	4.4	19.6	14.5	150.1	666.0
2014	238.2	316.4	237.2	84.5	7.9	0.6	8.9	2.0	8.2	20.4	1.8	50.0	976.2
2015	86.5	139.0	134.9	61.4	12.9	49.5	9.4	6.1	21.6	97.3	105.1	54.3	777.9
2016	178.1	255.4	73.0	75.0	10.7	1.9	0.3	9.1	3.8	47.4	72.9	99.5	827.2
2017	108.0	234.6	177.1	122.9	32.1	0.6	8.6	0.3	5.6	36.8	93.7	48.0	868.2
2018	148.9	140.5	125.7	34.2	0.9	1.1	3.9	46.1	19.8	23.3	33.6	83.7	661.4
2019	101.1	186.2	25.5	42.3	2.7	1.9	0.1	0.2	32.1	11.6	61.1	97.7	562.3
2020	214.4	223.5	129.1	110.2	23.7	0.7	4.7	47.0	20.5	16.2	34.3	131.3	955.8
2021	82.4	134.0	180.5	19.7	1.1	29.4	28.8	0.6	29.3	120.5	48.2	26.3	700.9
2022	136.7	92.9	44.5	8.8	9.3	0.7	0.5	0.2	16.5	88.5	71.0	243.2	712.7
Prom	146.8	170.7	106.8	62.0	9.6	7.6	5.8	12.4	20.6	38.5	46.4	85.4	712.5
Desvest	49.0	62.6	55.1	43.2	11.4	13.3	6.9	16.5	15.3	29.9	24.3	41.2	156.9
Máx	268.7	316.4	237.2	181.7	41.4	57.9	28.8	66.9	78.8	120.5	105.1	243.2	1164.4
Mín	73.8	64.9	11.3	0.6	0.0	0.1	0.1	0.1	1.3	2.0	1.8	22.7	409.2



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM MPI-ESM1-2-LR															
CUENCA ZAPATILLA															
Región:		Puno					Provincia:			Chucuito-El Collao		Distrito:		Ilave-Juli	
Latitud:		16°15'29"					Longitud:			69°36'11"		Altitud:		3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Annual		
1981	99.9	144.3	143.4	12.4	14.2	1.5	4.1	10.9	44.6	84.3	71.7	99.2	730.4		
1982	160.3	193.0	127.0	51.5	7.6	2.4	5.1	3.8	46.2	54.6	46.8	70.8	769.1		
1983	194.2	172.7	167.6	55.3	0.3	0.2	13.1	30.1	27.7	16.1	92.3	192.1	961.7		
1984	266.8	120.7	137.4	38.7	17.9	4.8	8.8	19.8	12.5	22.5	104.2	92.4	846.5		
1985	111.2	77.2	99.2	64.0	11.0	8.6	9.1	9.2	10.6	37.9	110.6	45.9	594.5		
1986	135.1	96.2	100.8	73.0	10.5	21.5	25.0	2.3	3.0	61.0	40.8	114.6	683.9		
1987	109.0	91.7	100.6	44.8	8.3	2.6	0.7	1.3	16.2	42.6	90.2	88.2	596.1		
1988	161.7	90.0	94.0	75.2	16.6	4.6	36.0	5.0	11.7	36.2	51.0	107.0	688.9		
1989	138.9	227.0	105.4	50.5	11.9	11.7	0.7	0.5	20.5	23.1	33.4	129.4	752.8		
1990	198.3	109.1	97.7	67.4	3.0	9.0	0.5	0.2	10.0	25.7	83.8	101.0	705.8		
1991	216.1	169.2	119.6	45.6	0.2	10.3	0.1	2.7	7.3	8.7	91.0	142.5	813.3		
1992	125.1	83.5	203.5	70.4	3.8	38.5	15.3	4.3	13.6	33.6	42.4	43.0	677.2		
1993	86.6	165.5	169.1	35.7	7.3	45.3	8.3	30.6	24.8	41.0	89.0	104.0	807.1		
1994	157.5	107.2	111.5	52.2	1.2	3.6	11.7	6.8	20.2	23.5	47.3	99.9	642.6		
1995	124.0	95.6	183.3	57.5	1.1	38.7	4.5	1.8	19.8	13.0	14.7	36.8	590.6		
1996	150.1	94.1	82.6	58.8	2.2	1.8	17.3	31.2	22.0	15.5	73.5	67.2	616.3		
1997	101.7	145.6	90.2	47.5	2.0	0.3	0.1	0.2	1.3	35.2	36.1	26.5	486.6		
1998	282.4	78.4	117.8	32.8	2.4	0.6	0.6	2.6	30.7	14.4	59.7	78.3	700.7		
1999	132.0	169.8	40.6	44.5	1.2	0.2	0.5	0.1	45.8	32.2	20.3	56.7	543.8		
2000	217.0	158.1	85.1	61.7	0.0	4.5	0.1	0.6	19.7	14.6	30.3	22.7	614.5		
2001	163.4	150.8	118.7	48.8	17.5	3.1	0.5	66.9	43.9	57.0	92.3	49.5	812.4		
2002	186.4	156.5	106.1	19.8	0.1	0.8	9.7	6.9	38.0	24.4	53.3	76.0	677.9		
2003	149.3	116.9	180.4	45.2	7.2	4.9	27.2	3.2	9.2	25.3	34.2	77.8	680.7		
2004	187.5	220.0	174.2	22.5	4.5	1.6	0.2	0.5	1.9	2.0	8.9	80.6	704.4		
2005	182.7	162.3	123.2	25.5	0.0	4.2	0.8	5.1	1.5	3.4	5.9	47.8	562.4		
2006	73.8	150.5	122.3	49.6	19.8	0.3	3.0	6.0	21.0	47.5	49.4	174.9	717.9		
2007	200.7	117.8	162.6	23.8	9.7	51.0	47.1	28.8	16.4	50.5	31.9	80.0	820.4		
2008	212.1	104.7	77.9	58.3	8.3	0.4	2.1	3.5	18.9	21.2	75.6	75.1	658.2		
2009	206.5	82.5	169.4	34.2	2.8	0.1	0.4	0.3	15.2	30.8	39.5	73.4	655.1		
2010	91.2	153.0	84.9	18.3	2.1	6.6	1.4	52.8	2.7	22.7	77.5	64.4	577.5		
2011	228.8	94.7	123.3	43.5	0.9	24.7	0.4	12.8	17.4	14.2	32.1	60.8	653.5		
2012	291.7	166.5	116.3	43.1	1.6	4.5	0.5	33.5	5.6	4.6	53.0	78.8	799.7		
2013	275.6	132.8	115.1	52.9	0.7	16.5	0.6	1.8	8.2	40.7	13.7	50.4	709.0		
2014	135.4	219.2	237.2	85.9	2.6	0.6	0.3	0.7	5.3	36.0	70.7	140.5	934.3		
2015	235.5	178.2	179.8	19.2	4.8	1.9	0.3	13.0	34.7	28.9	65.3	64.6	826.2		
2016	102.9	77.0	110.2	28.8	4.7	0.2	13.6	1.1	11.4	8.1	55.5	186.5	599.8		
2017	152.8	137.9	182.3	40.2	7.8	7.8	12.1	4.3	38.3	45.7	58.3	161.7	849.2		
2018	247.1	256.8	148.3	64.2	1.0	2.0	3.7	6.9	10.4	32.5	40.1	48.9	861.9		
2019	316.4	81.0	72.3	35.1	6.2	0.6	1.1	0.3	14.5	9.7	97.3	52.1	686.8		
2020	143.3	79.0	120.3	9.9	24.9	5.9	0.2	1.2	11.4	47.5	26.2	222.7	692.2		
2021	237.0	128.2	126.1	25.5	4.1	21.7	0.5	2.2	35.8	43.3	120.5	138.4	883.5		
2022	255.8	141.7	166.5	34.2	3.3	0.6	0.4	1.0	36.8	16.6	48.8	64.9	770.8		
Prom	177.2	135.6	128.4	44.5	6.1	8.8	6.8	9.9	19.2	29.7	56.7	90.2	713.2		
Desvest	62.1	45.9	40.3	18.0	6.2	13.0	10.5	15.0	13.3	17.6	29.1	46.9	108.7		
Máx	316.4	256.8	237.2	85.9	24.9	51.0	47.1	66.9	46.2	84.3	120.5	222.7	961.7		
Mín	73.8	77.0	40.6	9.9	0.0	0.1	0.1	0.1	1.3	2.0	5.9	22.7	486.6		



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL HISTORICA (mm) - MODELO GCM MRI-ESM2-0													
CUENCA ZAPATILLA													
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli		
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	87.1	178.5	112.7	39.9	23.8	26.0	3.1	0.5	16.5	14.5	91.7	157.4	751.7
1982	316.4	253.0	168.4	84.9	4.3	1.0	0.1	0.6	12.6	32.6	36.0	80.5	990.4
1983	150.5	149.4	106.6	26.9	7.9	6.1	8.9	0.5	2.0	14.6	54.2	148.0	675.7
1984	149.9	123.9	170.8	49.9	11.6	5.3	3.9	41.9	21.8	43.3	30.9	36.4	689.4
1985	141.5	93.4	124.9	47.4	7.8	0.3	0.1	1.7	38.7	20.8	67.8	175.4	719.8
1986	109.2	156.1	184.0	68.9	10.0	1.2	2.6	1.3	34.9	40.8	30.3	150.7	789.9
1987	266.3	64.3	72.3	48.6	2.9	2.5	0.1	0.3	1.9	23.2	41.0	236.8	760.1
1988	106.5	77.1	144.6	45.2	4.8	21.8	4.7	11.6	13.4	10.5	49.7	187.4	677.1
1989	161.9	99.9	120.8	52.3	7.6	31.3	0.3	16.2	9.8	9.2	42.6	95.8	647.7
1990	219.8	47.9	33.8	49.6	2.6	8.9	0.2	0.2	3.2	55.5	47.4	169.5	638.6
1991	244.2	116.4	117.3	109.6	13.4	1.5	4.6	47.0	21.4	13.7	56.7	112.7	858.6
1992	94.7	125.1	237.2	34.2	3.6	3.5	4.4	1.8	9.2	18.1	90.1	78.6	700.4
1993	82.2	95.6	121.4	85.1	4.5	2.3	30.6	2.7	19.7	9.8	47.7	84.5	586.0
1994	236.3	73.8	98.4	19.2	6.0	2.0	57.2	66.9	16.1	70.4	34.7	43.2	724.2
1995	156.3	193.2	123.0	78.6	0.9	0.4	0.7	6.7	14.4	53.2	94.7	60.1	782.3
1996	228.9	130.3	118.7	58.2	1.2	13.1	4.2	29.5	20.3	25.1	31.8	143.3	804.7
1997	152.5	261.5	117.1	54.4	10.6	12.0	0.6	38.0	5.1	33.5	98.1	60.8	844.3
1998	162.3	82.0	105.0	53.7	7.4	0.1	3.6	9.2	13.5	24.1	45.9	75.9	582.9
1999	71.1	165.7	100.7	57.6	9.2	0.5	0.5	12.6	29.1	42.5	81.6	276.4	847.5
2000	169.3	74.6	134.2	60.2	11.2	5.8	1.8	6.8	3.3	71.5	75.7	103.8	718.1
2001	101.9	222.6	178.6	45.5	0.0	1.3	3.7	2.5	22.4	16.2	48.7	65.1	708.5
2002	92.2	64.6	74.9	21.0	2.3	0.6	0.3	0.5	27.1	90.8	34.2	86.6	495.1
2003	132.8	131.3	181.1	34.6	8.7	4.8	3.9	23.3	8.2	10.7	40.3	67.6	647.2
2004	219.3	214.9	96.3	43.1	0.5	26.9	2.1	8.6	16.0	11.2	36.7	51.2	726.9
2005	135.8	49.5	180.6	26.2	0.4	0.4	0.3	17.6	30.6	46.9	89.7	134.8	712.9
2006	185.4	161.3	123.4	93.6	19.1	4.5	4.3	49.9	4.6	43.8	110.6	102.2	902.6
2007	112.1	98.9	167.6	43.6	19.4	2.9	1.0	11.6	37.8	50.3	77.5	189.1	811.9
2008	227.7	205.6	64.0	35.0	13.7	4.4	0.6	0.1	7.4	44.7	97.9	139.1	840.2
2009	212.1	140.1	80.8	61.1	4.5	9.3	0.9	5.1	20.3	35.9	16.6	48.7	635.5
2010	160.1	142.8	68.5	40.1	2.5	1.8	8.2	0.2	14.7	23.3	120.5	290.8	873.4
2011	194.5	203.7	166.1	90.2	2.7	0.5	0.2	15.2	22.7	58.8	74.8	77.0	906.5
2012	159.0	128.9	118.9	16.6	0.4	3.3	2.2	6.9	14.9	32.2	36.1	78.9	598.3
2013	35.6	172.6	114.2	36.4	1.6	9.2	0.7	0.7	8.3	36.2	61.0	121.3	597.8
2014	182.6	77.7	208.1	25.1	0.1	2.0	0.5	0.2	19.7	47.3	84.5	108.7	756.5
2015	118.8	166.8	100.7	44.8	3.4	13.7	0.5	0.2	11.4	2.1	38.4	22.7	523.5
2016	44.5	108.0	73.0	17.9	1.3	5.0	0.4	6.8	5.6	25.3	53.2	73.4	414.4
2017	187.1	79.9	160.7	51.5	1.0	1.2	0.3	45.3	18.7	32.2	45.0	104.8	727.8
2018	217.0	163.3	129.1	25.1	0.0	0.8	0.4	10.3	8.1	21.0	51.4	91.7	718.3
2019	138.3	91.2	149.2	21.4	2.1	19.7	4.9	23.7	1.5	1.3	26.6	50.4	530.4
2020	99.8	78.8	86.0	17.3	1.1	28.8	0.2	11.9	14.2	40.5	25.3	90.9	495.0
2021	281.6	78.3	64.2	40.6	1.8	0.6	0.7	13.0	33.5	11.6	38.0	195.6	759.6
2022	136.8	144.2	171.0	44.5	7.1	32.8	7.9	35.9	5.9	46.5	58.8	101.1	792.4
Prom	159.1	130.6	125.5	47.6	5.8	7.6	4.2	13.9	15.7	32.3	57.5	113.6	713.4
Desvest	63.5	55.0	43.7	22.3	5.8	9.5	9.7	16.8	10.1	20.1	26.0	61.9	123.9
Máx	316.4	261.5	237.2	109.6	23.8	32.8	57.2	66.9	38.7	90.8	120.5	290.8	990.4
Mín	35.6	47.9	33.8	16.6	0.0	0.2	0.1	0.1	1.5	1.3	16.6	22.7	414.4



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM BCC-CSM2-MR														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao					Distrito:	Ilave-Juli	
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"					Altitud:	3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
1981	10.0	9.6	9.7	9.1	7.1	5.6	5.0	6.0	7.7	8.9	10.2	9.4	8.2	
1982	10.8	9.8	8.9	8.3	7.2	6.2	5.3	5.3	7.7	9.4	9.5	9.3	8.1	
1983	9.2	10.0	10.2	8.8	7.2	5.6	6.2	6.4	7.3	8.3	10.0	9.0	8.2	
1984	10.0	10.2	9.1	8.3	6.5	5.6	5.2	5.2	7.3	9.0	9.5	8.9	7.9	
1985	9.1	9.7	9.2	8.4	7.2	5.2	4.8	5.3	7.8	9.5	9.3	9.1	7.9	
1986	8.9	9.3	9.0	8.0	7.0	5.6	4.1	6.6	8.4	8.9	9.0	9.6	7.9	
1987	9.3	9.8	9.3	8.2	6.4	5.6	5.1	5.1	8.6	8.5	10.2	9.5	8.0	
1988	10.1	9.8	9.3	8.6	6.1	6.2	5.3	5.2	6.8	8.4	10.0	9.5	7.9	
1989	9.7	10.0	9.7	8.8	7.4	5.7	6.0	6.3	7.9	9.2	10.2	9.8	8.4	
1990	10.4	9.5	9.7	8.5	6.9	5.9	5.9	6.5	7.2	8.6	8.7	8.8	8.0	
1991	9.2	9.3	8.8	8.2	6.7	5.5	5.8	5.6	8.1	8.2	9.5	8.7	7.8	
1992	8.7	9.0	8.8	7.1	5.4	4.9	5.3	5.2	7.1	9.0	9.1	8.6	7.4	
1993	9.0	9.7	9.7	8.5	5.6	5.9	4.7	5.1	7.6	9.0	10.4	8.8	7.8	
1994	9.1	9.8	8.9	8.3	7.3	5.5	5.5	6.3	8.1	9.4	9.3	9.6	8.1	
1995	10.0	10.7	10.1	8.9	7.2	5.9	5.4	5.9	7.6	8.8	9.0	8.4	8.2	
1996	8.9	9.4	8.9	8.7	6.8	5.2	4.7	5.2	8.0	8.5	9.4	8.9	7.7	
1997	9.8	9.7	9.3	8.5	7.3	6.2	5.2	5.9	8.5	9.2	10.4	9.5	8.3	
1998	9.6	10.4	9.4	8.7	7.4	5.8	5.3	6.0	7.7	9.0	9.4	9.0	8.1	
1999	9.4	9.9	9.7	8.7	7.4	6.3	5.9	6.5	7.8	9.8	10.1	8.6	8.3	
2000	9.6	9.2	9.3	9.2	7.3	6.2	5.2	6.0	7.8	8.1	9.3	9.4	8.1	
2001	9.8	10.6	9.4	8.8	7.6	5.8	5.7	6.9	8.1	9.4	9.6	9.9	8.5	
2002	9.9	10.7	10.7	9.2	7.7	6.5	6.2	6.5	7.5	9.1	10.2	9.7	8.7	
2003	10.0	10.5	10.3	8.6	8.1	6.5	6.0	6.9	8.0	9.1	10.2	9.3	8.6	
2004	10.0	9.6	8.7	8.6	6.6	5.7	5.9	6.2	7.6	10.1	10.1	9.6	8.2	
2005	10.5	11.3	9.8	8.7	7.6	6.2	5.2	5.1	7.5	9.0	9.7	9.3	8.3	
2006	9.4	9.8	9.3	8.5	7.1	6.0	6.3	5.3	8.4	8.7	9.6	9.7	8.2	
2007	10.3	9.8	9.4	8.9	7.5	5.5	5.2	7.6	7.4	9.1	10.0	9.5	8.4	
2008	9.3	9.9	8.8	9.3	7.7	6.4	5.3	5.7	8.0	8.7	9.8	9.8	8.2	
2009	10.6	10.8	10.3	9.0	7.3	6.7	5.8	6.7	7.7	10.0	10.4	9.2	8.7	
2010	10.4	10.4	10.0	9.2	5.9	5.6	5.4	6.7	7.6	9.0	10.6	9.5	8.4	
2011	10.2	9.6	9.4	8.0	6.9	6.5	5.6	6.3	8.4	10.2	9.4	9.8	8.4	
2012	10.9	10.2	9.5	9.0	7.3	5.9	5.1	7.1	8.2	8.8	10.0	9.6	8.5	
2013	10.0	10.3	9.9	8.9	7.3	6.0	6.0	6.8	7.7	9.4	9.7	9.4	8.4	
2014	10.6	10.6	9.8	8.9	7.9	6.7	6.5	7.6	8.3	9.8	9.8	10.2	8.9	
2015	11.2	10.0	9.7	8.9	7.7	6.5	4.8	6.7	8.3	10.2	10.1	9.5	8.6	
2016	9.7	10.0	10.0	9.1	8.2	6.8	7.4	6.6	8.5	9.7	10.7	9.8	8.9	
2017	10.8	10.1	10.3	9.1	7.9	6.6	6.1	6.7	7.9	9.7	9.5	9.3	8.7	
2018	10.6	10.4	9.6	9.0	7.5	6.5	6.2	6.5	9.0	10.3	10.8	9.4	8.8	
2019	11.4	10.5	11.2	9.4	7.8	7.6	6.4	7.2	8.7	9.3	10.2	10.7	9.2	
2020	10.2	9.9	10.0	9.1	7.4	7.0	6.3	5.6	8.2	10.4	9.5	10.3	8.7	
2021	10.6	10.2	9.8	9.2	7.7	7.0	6.9	7.0	8.8	9.9	11.1	10.4	9.1	
2022	11.2	10.5	9.8	9.1	7.7	7.0	6.2	7.4	9.0	9.8	10.7	9.6	9.0	
Prom	10.0	10.0	9.6	8.7	7.2	6.1	5.6	6.2	8.0	9.2	9.9	9.4	8.3	
Desvest	0.7	0.5	0.6	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	
Máx	11.4	11.3	11.2	9.4	8.2	7.6	7.4	7.6	9.0	10.4	11.1	10.7	9.2	
Mín	8.7	9.0	8.7	7.1	5.4	4.9	4.1	5.1	6.8	8.1	8.7	8.4	7.4	



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM CanESM5-CanOE p2														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao					Distrito:	Ilave-Juli	
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"					Altitud:	3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
1981	9.0	8.6	8.7	8.7	7.1	5.8	5.1	5.5	7.1	8.1	8.4	9.4	7.6	
1982	9.5	9.4	8.9	9.2	6.9	4.1	5.3	6.2	6.8	8.6	9.0	9.1	7.7	
1983	9.6	8.6	8.5	8.6	6.1	5.1	4.8	6.4	7.5	9.0	9.4	9.6	7.8	
1984	9.2	9.4	7.8	7.7	7.2	5.2	5.2	6.3	7.2	8.7	9.0	9.3	7.7	
1985	9.0	9.3	7.9	8.1	6.7	5.2	5.2	6.5	7.5	7.9	9.1	9.0	7.6	
1986	8.7	9.3	8.9	8.8	5.6	5.1	5.4	5.8	7.4	8.0	8.9	9.3	7.6	
1987	9.5	9.4	8.9	8.4	6.1	5.5	5.1	6.5	7.3	9.0	9.1	9.5	7.9	
1988	9.8	9.7	8.9	8.2	5.4	6.0	5.3	6.7	7.7	8.1	9.5	9.8	7.9	
1989	9.7	9.6	9.0	8.7	7.4	5.9	5.2	6.0	7.8	8.7	10.0	9.7	8.1	
1990	9.2	9.3	8.5	8.9	7.4	5.2	4.8	6.3	8.2	8.5	9.0	9.6	7.9	
1991	9.5	9.4	9.0	9.0	7.3	5.9	5.3	5.2	7.3	8.1	9.3	9.3	7.9	
1992	8.8	8.9	8.7	7.7	6.9	4.9	4.7	6.0	7.6	7.9	8.3	9.1	7.5	
1993	9.2	8.4	8.5	8.0	6.3	5.1	5.3	5.6	7.6	8.3	9.2	8.9	7.5	
1994	9.4	8.9	8.8	8.6	6.7	5.3	5.1	6.3	7.6	8.5	9.0	8.8	7.8	
1995	9.6	9.4	8.9	8.3	7.1	5.6	5.3	6.5	7.6	8.2	8.8	8.7	7.8	
1996	9.0	9.5	8.2	8.5	7.1	6.2	5.9	6.3	7.7	9.0	9.7	9.5	8.0	
1997	9.3	9.5	8.7	8.8	7.2	5.3	5.6	5.9	7.6	8.7	9.5	9.8	8.0	
1998	9.4	9.6	9.1	8.9	6.5	5.9	5.2	6.8	8.1	8.3	9.5	9.9	8.1	
1999	9.7	9.1	8.7	8.9	7.3	4.7	5.7	6.5	7.7	8.8	9.4	9.8	8.0	
2000	8.9	9.2	9.3	7.9	7.1	5.5	5.6	5.7	7.8	8.5	9.4	9.6	7.9	
2001	10.0	10.5	9.4	9.4	7.5	5.6	5.6	6.7	8.4	9.3	10.2	10.6	8.6	
2002	10.4	9.6	9.4	9.1	7.3	6.2	5.6	6.1	8.1	10.0	10.1	10.0	8.5	
2003	9.7	9.6	9.1	8.7	7.1	6.5	5.9	6.0	7.7	8.8	9.6	10.0	8.2	
2004	9.8	9.8	9.3	9.8	7.2	5.7	5.5	6.5	8.1	9.9	10.2	10.0	8.5	
2005	10.2	9.8	9.8	9.7	7.6	5.2	5.6	7.1	8.4	9.1	9.5	9.8	8.5	
2006	9.6	9.8	9.2	9.0	7.3	5.8	6.0	6.5	7.8	9.0	10.2	10.3	8.4	
2007	9.7	9.9	9.1	9.3	7.6	5.2	6.0	7.0	8.4	9.4	9.7	9.9	8.4	
2008	9.8	9.9	9.2	9.4	7.3	5.2	6.1	7.0	9.0	9.8	9.8	10.0	8.5	
2009	10.4	9.8	9.2	9.3	7.5	6.5	5.9	6.6	8.0	9.3	10.3	11.2	8.7	
2010	10.4	10.2	9.7	10.0	7.5	5.9	6.3	6.6	8.6	9.5	10.1	9.9	8.7	
2011	10.0	9.7	9.3	8.8	6.6	5.4	6.0	6.2	9.4	9.7	10.4	10.5	8.5	
2012	10.2	9.9	9.6	9.3	7.4	5.6	7.6	7.4	8.6	9.8	10.7	10.8	8.9	
2013	10.3	10.5	10.0	9.7	8.8	6.3	6.2	6.9	9.2	9.7	10.3	10.7	9.1	
2014	10.3	10.0	9.2	9.1	7.3	5.3	5.8	7.4	8.7	10.1	10.1	10.6	8.7	
2015	10.3	10.4	10.1	9.8	8.1	6.5	6.2	7.1	9.4	9.8	10.4	11.2	9.1	
2016	11.3	11.4	10.6	10.3	8.3	6.7	6.7	6.9	9.4	9.1	10.2	10.4	9.3	
2017	10.0	10.2	9.4	9.5	7.7	5.7	6.3	6.4	9.3	10.2	10.2	10.9	8.8	
2018	10.6	10.4	10.0	9.7	8.3	6.5	6.6	7.6	9.5	10.0	11.1	10.6	9.2	
2019	9.8	10.0	9.9	9.7	8.2	6.0	6.2	6.7	9.0	10.0	10.2	10.1	8.8	
2020	10.1	10.2	9.7	9.6	7.7	5.8	6.7	6.7	9.2	10.0	10.7	10.6	8.9	
2021	10.6	10.8	10.4	11.2	9.1	6.9	6.2	7.0	10.3	9.8	10.7	10.7	9.5	
2022	10.5	10.6	10.3	10.3	7.7	7.0	6.4	7.5	9.7	10.4	10.5	10.8	9.3	
Prom	9.8	9.7	9.2	9.1	7.3	5.7	5.7	6.5	8.2	9.1	9.7	9.9	8.3	
Desvest	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	
Máx	11.3	11.4	10.6	11.2	9.1	7.0	7.6	7.6	10.3	10.4	11.1	11.2	9.5	
Mín	8.7	8.4	7.8	7.7	5.4	4.1	4.7	5.2	6.8	7.9	8.3	8.7	7.5	



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM CESM2														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao					Distrito:	Ilave-Juli	
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"					Altitud:	3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
1981	9.7	8.5	9.4	8.6	6.1	4.1	5.4	6.3	7.3	7.8	9.3	9.5	7.7	
1982	9.1	9.4	8.3	8.0	7.4	5.2	5.1	5.9	6.8	8.8	9.1	10.4	7.8	
1983	9.3	9.6	9.7	8.1	7.1	5.1	5.1	5.3	7.6	8.5	9.5	8.4	7.8	
1984	9.0	10.1	8.4	8.8	6.9	4.7	4.8	5.8	7.6	7.6	9.6	9.8	7.7	
1985	8.7	9.7	9.0	8.8	6.2	5.2	5.6	6.5	7.5	8.9	10.0	9.6	8.0	
1986	9.5	10.5	9.7	9.3	7.2	6.0	5.2	6.0	7.1	9.0	10.7	10.0	8.4	
1987	9.8	9.6	8.6	7.7	7.1	6.5	5.3	6.5	8.2	8.2	9.5	10.6	8.1	
1988	10.6	10.8	10.8	10.0	7.7	6.5	5.2	6.7	8.5	9.4	9.8	9.3	8.8	
1989	9.1	9.4	8.7	8.2	6.7	4.7	4.8	7.5	8.0	8.8	9.4	8.9	7.8	
1990	9.4	9.3	9.1	8.9	5.4	5.4	5.6	6.3	7.3	9.0	9.0	9.7	7.9	
1991	9.5	10.4	9.2	8.7	5.9	6.3	5.5	6.0	7.6	9.0	10.2	9.9	8.2	
1992	9.4	9.4	8.7	8.4	7.1	5.8	5.1	5.9	8.0	8.7	10.3	8.9	8.0	
1993	10.0	9.2	8.9	8.7	7.3	5.2	5.1	5.2	7.5	7.7	9.7	9.6	7.8	
1994	10.4	9.1	9.4	8.9	7.3	6.3	5.2	6.0	7.7	8.5	9.8	10.0	8.2	
1995	9.6	10.5	10.3	10.0	7.7	5.6	5.9	6.5	9.1	9.1	9.3	9.5	8.6	
1996	8.7	9.0	8.9	8.3	6.6	5.1	5.2	6.1	8.3	8.4	9.5	9.2	7.8	
1997	8.8	9.2	9.1	8.9	7.2	5.3	5.5	6.0	7.6	8.5	10.2	10.3	8.0	
1998	10.7	11.2	11.2	10.0	8.0	4.9	5.6	5.6	8.4	9.7	9.5	9.5	8.7	
1999	9.7	9.6	8.8	8.2	5.6	5.5	5.2	7.1	7.8	9.1	9.8	9.3	8.0	
2000	9.0	8.9	8.6	8.4	6.8	5.6	5.7	6.3	7.5	7.9	10.2	9.1	7.8	
2001	8.6	9.6	9.0	8.9	7.4	5.3	5.3	6.4	8.3	8.6	10.0	10.6	8.2	
2002	10.6	10.8	9.8	9.2	7.6	6.6	5.8	7.1	7.7	9.2	10.4	8.9	8.6	
2003	9.7	10.2	9.4	8.6	7.1	5.3	5.8	6.2	7.2	9.0	10.0	9.6	8.2	
2004	9.6	9.7	8.9	9.0	6.5	6.0	6.2	6.4	8.1	10.2	9.0	10.3	8.3	
2005	10.1	9.3	9.7	8.7	7.5	6.4	6.3	7.0	8.7	8.7	9.4	9.9	8.5	
2006	11.1	10.5	10.3	9.8	7.9	5.6	5.9	7.0	8.1	8.9	10.5	9.8	8.8	
2007	9.6	9.8	9.2	8.5	7.7	6.2	5.2	6.5	9.0	9.5	9.6	9.9	8.4	
2008	9.3	9.8	9.4	8.5	7.2	5.8	5.2	6.1	9.0	8.1	10.2	10.3	8.2	
2009	9.9	9.8	9.1	9.1	7.8	5.2	5.8	6.9	9.4	10.1	10.9	10.7	8.7	
2010	11.2	10.6	9.7	10.3	8.2	6.2	5.6	6.9	8.0	9.4	11.1	10.0	8.9	
2011	9.7	10.0	9.2	8.9	7.1	5.3	6.2	6.5	7.7	10.1	10.2	10.4	8.4	
2012	8.9	10.0	9.3	9.2	6.9	5.6	5.7	6.0	8.1	9.4	10.0	10.0	8.3	
2013	9.8	10.0	9.7	9.1	7.5	6.5	5.9	7.5	8.6	9.7	10.7	10.7	8.8	
2014	10.0	9.8	10.4	9.3	7.3	6.0	5.9	7.6	7.9	10.2	10.3	10.2	8.7	
2015	9.5	9.3	9.4	9.3	7.3	5.7	6.2	7.0	8.6	9.3	9.8	9.4	8.4	
2016	9.3	9.8	9.5	8.8	7.5	6.2	6.5	6.9	8.3	9.0	10.3	10.4	8.5	
2017	10.5	10.3	9.9	9.7	7.3	6.6	6.7	7.3	8.8	9.8	10.1	9.8	8.9	
2018	10.2	9.8	9.1	8.8	7.4	5.5	6.6	6.5	9.0	7.8	9.4	9.6	8.3	
2019	10.2	9.4	9.7	8.8	7.4	6.7	6.4	6.7	8.2	9.5	10.2	10.8	8.7	
2020	10.4	9.9	9.3	9.3	7.6	6.2	5.9	6.7	8.4	8.7	9.9	9.9	8.5	
2021	10.0	9.0	9.6	9.0	7.9	6.8	5.9	7.6	9.4	9.2	10.4	11.4	8.8	
2022	11.3	10.6	10.0	9.8	7.7	6.7	6.8	7.0	10.0	9.7	10.4	10.2	9.2	
Prom	9.8	9.8	9.4	8.9	7.2	5.8	5.7	6.5	8.1	9.0	9.9	9.9	8.3	
Desvest	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.4	
Máx	11.3	11.2	11.2	10.3	8.2	6.8	6.8	7.6	10.0	10.2	11.1	11.4	9.2	
Mín	8.6	8.5	8.3	7.7	5.4	4.1	4.8	5.2	6.8	7.6	9.0	8.4	7.7	



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM CESM2-WACCM													
CUENCA ZAPATILLA													
Región: Puno				Provincia: Chucuito-EI Collao				Distrito: Ilave-Juli				Altitud: 3827-4613 msnm.	
Latitud: 16°15'29"				Longitud: 69°36'11"				Altitud: 3827-4613 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
1981	9.8	10.6	9.7	8.9	7.4	5.9	5.2	5.3	7.5	8.8	9.0	8.6	8.1
1982	9.2	9.1	8.4	8.3	6.1	4.7	5.2	5.9	7.2	7.8	9.7	10.0	7.6
1983	9.8	9.1	9.0	8.2	6.5	5.3	5.0	6.5	6.9	9.1	10.1	10.2	8.0
1984	9.5	9.4	8.9	8.3	7.2	5.5	5.2	6.0	8.0	8.3	9.3	9.9	8.0
1985	9.0	9.0	9.3	9.2	7.7	5.7	6.0	6.3	6.8	8.4	9.8	9.6	8.1
1986	9.3	9.4	8.8	8.8	7.1	4.9	4.1	5.4	7.4	8.5	10.2	10.3	7.9
1987	10.2	10.1	10.2	8.6	7.5	5.6	5.2	6.5	7.6	9.8	9.3	9.4	8.3
1988	9.3	8.9	8.9	8.5	7.2	5.3	5.5	6.2	7.6	7.7	9.0	9.4	7.8
1989	9.6	9.3	8.7	7.9	7.3	5.3	5.2	6.2	7.6	9.0	9.4	8.9	7.9
1990	9.9	8.4	8.9	7.7	6.3	4.6	4.8	5.7	7.8	7.7	10.2	9.1	7.6
1991	10.4	9.3	9.0	8.8	7.1	5.8	5.7	6.7	7.6	9.3	10.1	9.7	8.3
1992	9.4	9.9	9.3	9.1	6.9	5.3	5.5	6.4	8.0	9.5	10.0	9.8	8.3
1993	10.2	9.7	8.9	8.4	7.3	6.0	5.3	6.5	8.0	8.0	8.8	9.6	8.1
1994	9.5	8.9	8.5	8.2	7.2	5.3	5.1	6.4	7.4	9.0	9.5	9.6	7.9
1995	9.8	9.0	8.7	8.9	6.7	5.2	5.6	6.8	7.7	9.0	8.8	8.8	7.9
1996	9.8	9.6	9.1	9.2	6.8	5.9	5.1	6.3	8.3	8.7	9.5	9.8	8.2
1997	9.7	9.0	9.0	8.7	6.5	4.8	5.2	6.5	8.4	7.9	10.2	10.7	8.0
1998	9.9	10.0	9.1	9.2	7.4	6.4	5.9	6.9	8.1	8.4	10.3	10.8	8.5
1999	9.7	11.4	10.3	9.4	7.4	5.1	5.3	6.7	9.1	9.0	9.8	9.2	8.5
2000	9.3	9.6	8.6	8.7	7.3	5.9	5.1	6.7	7.3	8.2	9.4	9.6	8.0
2001	8.7	9.5	8.7	8.8	7.1	5.7	5.5	6.2	8.3	10.1	9.3	10.0	8.2
2002	10.2	9.4	9.7	9.2	5.4	5.2	5.8	6.9	8.2	9.7	10.3	9.8	8.3
2003	9.9	9.2	9.4	8.8	7.0	5.6	5.2	7.0	8.7	9.0	9.5	9.6	8.2
2004	10.3	9.8	9.4	8.7	7.6	5.1	6.0	7.6	8.5	8.1	10.8	10.5	8.5
2005	9.8	9.4	9.4	9.1	5.9	5.6	6.0	6.2	8.2	10.0	10.2	9.9	8.3
2006	9.9	9.2	9.7	9.0	7.6	6.3	6.0	6.5	8.7	10.1	9.7	10.6	8.6
2007	11.2	11.3	10.3	9.4	7.9	6.3	5.6	6.2	8.7	9.5	9.9	8.7	8.7
2008	9.5	8.9	9.2	8.0	6.9	5.9	5.2	6.2	9.2	9.7	10.0	9.3	8.2
2009	9.5	9.7	9.8	8.5	5.8	5.8	6.1	7.0	8.4	9.0	9.5	10.0	8.3
2010	10.4	10.6	10.0	9.6	8.1	5.9	6.2	6.6	7.7	8.1	9.7	8.8	8.5
2011	8.6	9.3	8.5	9.0	7.2	5.6	5.2	5.8	7.6	8.5	10.0	9.8	7.9
2012	9.8	9.7	9.8	10.2	7.5	7.4	6.0	7.2	9.0	8.6	10.2	11.2	8.9
2013	10.5	10.8	10.4	10.0	7.7	6.6	6.5	7.0	9.0	10.1	10.4	10.0	9.1
2014	10.0	9.6	9.3	8.9	7.4	5.7	6.3	6.9	9.2	9.4	9.4	9.5	8.5
2015	9.4	9.7	9.1	8.8	7.7	5.4	5.6	6.6	7.5	8.1	9.4	10.8	8.2
2016	10.6	10.4	9.4	9.3	7.6	6.3	6.8	6.5	9.1	9.4	11.1	10.4	8.9
2017	11.0	10.6	10.4	9.7	8.0	6.2	6.7	7.3	8.7	9.8	10.5	10.0	9.1
2018	10.3	10.0	9.8	8.9	7.6	6.1	6.0	7.6	9.2	9.9	10.7	10.6	8.9
2019	10.7	10.6	9.7	9.3	8.2	6.5	6.2	7.6	9.6	10.2	10.4	9.6	9.0
2020	10.0	10.2	9.9	9.7	7.1	5.8	5.9	6.4	7.8	8.8	10.2	10.5	8.5
2021	10.3	9.6	10.0	9.7	7.7	7.0	6.7	6.7	8.6	10.2	10.4	10.1	8.9
2022	10.4	10.5	11.2	9.5	7.3	6.5	5.6	6.9	9.0	9.4	10.7	10.4	8.9
Prom	9.9	9.7	9.4	8.9	7.2	5.7	5.6	6.5	8.2	9.0	9.9	9.8	8.3
Desvest	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.8	0.6	0.6	0.4
Máx	11.2	11.4	11.2	10.2	8.2	7.4	6.8	7.6	9.6	10.2	11.1	11.2	9.1
Mín	8.6	8.4	8.4	7.7	5.4	4.6	4.1	5.3	6.8	7.7	8.8	8.6	7.6



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM CIESM														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao					Distrito:	Ilave-Juli	
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"					Altitud:	3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
1981	10.0	9.8	9.2	9.1	7.1	5.6	5.6	6.2	8.3	9.0	9.0	9.2	8.2	
1982	8.6	8.7	8.9	8.7	5.4	4.6	4.9	5.4	7.6	7.6	7.8	8.9	7.3	
1983	9.4	8.7	8.1	7.3	5.7	5.1	4.1	5.8	6.8	8.1	9.8	8.8	7.3	
1984	9.5	9.6	8.8	8.7	7.2	5.4	5.1	6.0	7.3	8.6	9.4	9.9	8.0	
1985	10.4	10.4	9.8	8.9	7.5	5.6	5.6	6.4	7.7	8.1	10.1	9.7	8.4	
1986	9.3	9.0	8.9	8.6	6.5	5.1	4.8	6.2	7.0	7.7	7.6	9.3	7.5	
1987	8.6	9.4	8.7	8.4	7.1	5.2	5.2	6.6	7.6	9.2	8.9	9.8	7.9	
1988	10.2	9.6	8.9	8.2	7.3	5.9	5.5	5.6	7.5	8.7	8.6	9.6	8.0	
1989	9.1	8.9	9.1	7.9	6.2	5.0	5.3	6.3	8.0	9.4	9.8	10.0	7.9	
1990	9.3	9.5	9.1	9.0	6.8	5.2	5.4	6.4	7.5	8.0	10.1	9.6	8.0	
1991	11.2	10.0	9.7	9.3	8.0	5.7	6.0	6.5	7.4	9.7	9.4	9.7	8.5	
1992	9.3	9.3	8.8	7.8	6.1	5.2	4.7	5.9	7.2	7.8	8.1	9.1	7.5	
1993	9.2	8.4	8.2	7.7	5.9	5.1	5.2	6.3	7.9	9.3	8.5	8.9	7.5	
1994	8.8	9.4	8.9	8.2	6.9	5.6	5.1	6.5	7.7	9.3	9.5	10.0	8.0	
1995	10.4	9.8	9.4	8.8	7.3	5.9	5.8	6.5	8.4	9.2	9.4	9.0	8.3	
1996	9.7	9.7	8.5	7.9	7.4	5.2	4.8	6.5	7.7	9.0	10.2	9.6	8.0	
1997	8.9	9.4	8.9	8.5	6.7	5.9	5.9	6.0	8.5	8.7	9.5	9.4	8.0	
1998	9.8	9.2	9.4	8.7	7.4	5.9	5.8	6.7	8.3	8.8	10.2	10.3	8.4	
1999	10.1	9.5	9.5	9.3	7.5	6.0	5.3	6.5	9.0	8.4	9.5	9.0	8.3	
2000	9.5	9.4	9.0	8.9	7.4	5.3	5.5	6.5	7.6	9.5	8.8	10.2	8.1	
2001	10.6	9.5	10.0	8.8	7.2	5.8	6.2	6.5	9.9	9.1	10.0	10.0	8.6	
2002	11.4	11.2	10.2	9.3	7.6	6.0	5.5	6.7	9.0	9.0	10.0	9.6	8.8	
2003	9.8	9.6	8.9	8.1	7.2	5.5	5.2	6.3	7.4	8.0	9.4	9.6	7.9	
2004	9.3	9.4	9.6	8.9	7.0	5.3	5.2	6.0	8.3	9.1	9.5	10.4	8.2	
2005	9.1	10.1	10.0	9.0	7.4	6.0	5.6	7.0	8.6	9.0	10.2	10.6	8.5	
2006	10.2	10.7	10.0	9.4	7.7	6.5	6.4	7.5	8.7	9.7	9.8	10.0	8.9	
2007	9.0	9.8	9.2	8.5	7.0	5.3	5.2	6.6	8.1	9.0	9.8	9.9	8.1	
2008	9.8	9.7	9.2	8.7	7.3	5.2	5.3	6.3	8.1	7.9	9.0	9.8	8.0	
2009	9.6	9.7	9.2	8.3	6.6	5.3	5.9	6.9	8.2	9.1	10.4	10.4	8.3	
2010	10.4	10.1	9.7	9.2	7.6	5.7	6.2	6.8	8.4	9.3	10.1	9.7	8.6	
2011	9.8	9.9	9.3	9.1	7.1	5.7	5.5	6.5	8.5	9.3	10.1	9.3	8.3	
2012	9.2	9.6	9.4	9.3	7.1	5.7	6.1	6.7	8.8	9.0	10.2	10.6	8.5	
2013	10.6	10.2	10.3	9.5	8.3	6.0	6.5	7.0	9.7	9.6	10.4	10.7	9.1	
2014	10.6	10.8	10.3	9.3	7.5	6.4	5.9	6.9	9.0	9.9	10.4	9.9	8.9	
2015	9.9	9.6	9.1	8.7	7.6	5.2	6.2	6.9	8.7	10.0	10.2	10.5	8.6	
2016	9.5	9.3	9.7	9.1	7.7	6.2	5.6	7.5	8.5	10.2	10.7	10.7	8.7	
2017	10.5	9.9	10.1	8.8	7.3	6.1	6.7	7.0	7.8	9.4	10.8	10.5	8.7	
2018	10.6	11.2	11.2	9.8	8.6	6.8	6.6	7.6	9.4	10.7	10.7	10.0	9.4	
2019	9.8	10.5	9.8	9.7	8.6	6.3	6.2	6.7	8.2	9.9	10.2	10.3	8.9	
2020	10.0	9.8	9.9	9.7	7.7	6.7	6.2	7.6	9.6	10.2	10.3	10.9	9.0	
2021	10.8	10.9	10.7	9.7	8.7	7.2	6.9	7.2	9.5	10.3	11.1	10.3	9.4	
2022	10.0	10.2	10.3	9.7	8.3	5.9	6.3	7.0	9.7	9.1	10.0	9.8	8.9	
Prom	9.8	9.8	9.4	8.8	7.3	5.7	5.6	6.6	8.3	9.1	9.7	9.9	8.3	
Desvest	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	
Máx	11.4	11.2	11.2	9.8	8.7	7.2	6.9	7.6	10.0	10.7	11.1	10.9	9.4	
Mín	8.6	8.4	8.1	7.3	5.4	4.6	4.1	5.4	6.8	7.6	7.6	8.8	7.3	



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM FIO-ESM-2-0														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao					Distrito:	Ilave-Juli	
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"					Altitud:	3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
1981	9.3	9.6	9.3	9.0	7.2	5.6	6.2	6.3	7.7	7.7	8.8	9.3	8.0	
1982	9.2	9.8	9.3	9.2	6.6	6.0	5.2	6.1	8.8	8.7	9.5	9.3	8.1	
1983	9.4	9.3	8.8	8.1	6.8	5.6	5.1	6.7	7.4	8.1	8.0	8.9	7.7	
1984	8.9	8.8	8.1	8.9	7.1	4.1	5.0	6.1	7.7	8.5	10.0	9.2	7.7	
1985	9.7	9.1	8.5	8.8	7.9	5.8	5.2	6.7	7.3	8.2	9.6	9.4	8.0	
1986	10.0	9.7	9.0	8.4	7.0	6.0	5.6	6.0	8.8	7.4	9.3	9.3	8.0	
1987	9.7	9.5	8.6	8.6	6.1	5.1	5.9	6.4	6.8	7.5	8.1	8.6	7.6	
1988	9.5	9.6	9.4	8.2	6.9	5.9	6.2	6.5	7.7	8.0	9.5	9.9	8.1	
1989	9.2	9.0	8.3	8.9	7.2	5.3	5.2	6.6	8.6	7.8	9.0	8.7	7.8	
1990	9.6	9.4	9.2	8.3	6.5	5.3	5.1	6.7	8.5	8.2	9.6	9.6	8.0	
1991	8.6	9.5	9.8	9.2	7.3	5.5	5.3	6.5	8.1	9.0	9.0	9.6	8.1	
1992	9.1	8.8	8.8	8.9	6.9	4.9	4.7	5.9	7.2	7.8	10.2	9.4	7.7	
1993	9.7	10.5	9.0	8.3	5.7	4.8	5.6	5.6	8.3	8.8	9.0	8.4	7.8	
1994	8.7	9.1	9.1	8.9	7.3	5.2	5.2	6.5	7.0	7.6	9.1	9.8	7.8	
1995	10.2	10.1	8.7	9.4	7.1	5.4	5.6	6.9	8.7	8.4	9.7	8.9	8.3	
1996	9.8	9.5	8.6	8.7	5.4	4.6	5.1	7.0	7.6	8.0	9.4	9.6	7.8	
1997	9.1	8.9	9.2	8.7	5.9	5.5	5.2	6.7	9.4	9.5	9.1	9.7	8.1	
1998	9.4	9.8	8.7	9.7	7.1	5.6	5.2	7.3	8.2	9.5	9.3	10.0	8.3	
1999	9.8	9.9	9.7	8.7	7.6	6.3	6.2	7.0	7.5	9.2	9.7	10.5	8.5	
2000	9.9	9.6	8.8	8.5	6.2	5.2	5.9	5.9	7.6	9.0	10.0	9.7	8.0	
2001	10.3	10.1	9.7	9.1	7.4	6.0	5.9	7.5	9.3	9.5	10.3	9.9	8.8	
2002	10.2	10.6	9.7	8.6	7.3	6.0	5.8	6.5	7.6	7.9	9.4	9.3	8.2	
2003	9.2	9.4	9.8	8.9	8.2	5.3	5.1	6.7	8.5	10.0	9.4	10.4	8.4	
2004	9.9	10.6	9.1	9.7	7.2	6.3	5.6	6.5	8.4	9.0	9.8	10.3	8.5	
2005	9.9	9.8	10.3	9.3	7.4	5.8	5.5	6.6	8.5	10.2	10.3	9.6	8.6	
2006	10.3	10.2	9.8	9.0	7.5	5.5	5.9	6.5	9.4	9.4	9.5	10.6	8.6	
2007	10.4	9.4	9.8	8.0	6.7	5.3	5.2	6.5	8.5	8.9	9.0	10.0	8.1	
2008	9.0	10.0	8.8	8.7	7.7	5.2	5.4	6.6	9.0	9.7	9.8	9.0	8.2	
2009	9.5	9.6	9.1	9.4	7.3	5.9	6.4	6.8	8.7	9.0	10.1	10.6	8.5	
2010	11.2	10.7	10.4	10.0	7.4	6.2	5.7	7.4	7.9	9.1	10.7	10.0	8.9	
2011	10.4	10.2	10.0	8.5	7.7	5.8	6.0	7.0	8.7	9.3	10.5	9.8	8.7	
2012	9.0	9.6	10.0	9.3	7.2	5.7	5.2	6.3	8.4	9.3	10.2	9.7	8.3	
2013	9.4	9.9	8.9	9.1	7.6	6.2	4.8	7.0	7.6	9.1	10.1	10.4	8.3	
2014	10.3	10.0	9.4	8.9	7.7	6.0	5.8	6.7	8.3	10.7	10.4	9.8	8.7	
2015	9.5	9.8	8.9	9.3	7.4	5.3	5.3	7.6	9.0	9.8	9.9	10.4	8.5	
2016	9.7	10.0	9.4	9.2	7.9	5.7	5.7	6.7	8.1	10.2	10.2	10.0	8.6	
2017	10.4	10.4	9.6	8.2	7.1	6.2	6.3	6.4	9.4	10.2	11.1	10.7	8.8	
2018	10.8	11.2	10.3	11.2	7.8	6.2	6.3	7.0	9.7	9.9	10.1	10.1	9.2	
2019	10.6	9.8	9.5	9.3	7.4	5.3	6.5	6.9	10.3	10.2	9.8	10.9	8.9	
2020	10.2	9.6	9.6	9.8	7.7	6.5	6.3	7.2	8.6	10.4	10.4	11.4	9.0	
2021	11.2	10.7	10.9	10.2	7.7	6.5	6.2	6.9	10.0	10.2	10.8	10.8	9.3	
2022	10.6	10.7	10.0	9.1	7.5	5.6	6.0	7.6	8.3	7.8	10.0	10.5	8.6	
Prom	9.8	9.8	9.3	9.0	7.2	5.6	5.6	6.7	8.4	9.0	9.7	9.8	8.3	
Desvest	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.8	0.9	0.7	0.7	0.4	
Máx	11.2	11.2	10.9	11.2	8.2	6.5	6.5	7.6	10.3	10.7	11.1	11.4	9.3	
Mín	8.6	8.8	8.1	8.0	5.4	4.1	4.7	5.6	6.8	7.4	8.0	8.4	7.6	



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM INM-CM5-0														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao					Distrito:	Ilave-Juli	
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"					Altitud:	3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
1981	8.6	9.0	9.1	8.3	6.1	5.2	5.2	6.5	7.8	9.3	9.4	8.9	7.8	
1982	9.3	9.2	9.2	8.3	6.5	5.2	5.3	6.5	7.7	7.2	8.0	9.4	7.7	
1983	9.4	9.4	8.9	8.2	7.5	5.2	5.1	6.3	8.3	9.3	9.8	8.9	8.0	
1984	9.4	9.6	9.3	8.6	7.7	5.6	6.2	6.4	8.4	9.6	9.5	8.6	8.2	
1985	8.8	8.6	9.0	8.4	7.1	4.5	5.6	6.2	7.4	8.2	8.9	9.1	7.6	
1986	9.8	9.6	9.7	8.7	7.1	5.5	5.6	7.0	7.9	8.4	9.5	9.3	8.2	
1987	9.3	9.4	9.5	8.5	5.4	5.3	5.5	6.6	7.8	9.5	9.8	9.3	8.0	
1988	9.4	9.7	9.3	8.3	5.6	4.9	5.1	6.7	8.1	9.0	10.2	9.7	8.0	
1989	10.3	10.1	9.3	8.8	7.3	5.4	5.9	7.3	7.6	9.4	10.1	9.0	8.4	
1990	9.6	9.8	9.7	8.9	7.7	5.8	5.3	6.7	8.9	9.0	10.0	8.9	8.4	
1991	9.0	9.8	9.7	8.2	7.2	6.0	6.2	6.5	8.0	9.3	9.3	9.3	8.2	
1992	9.5	9.7	9.2	8.7	7.2	5.3	5.1	6.8	8.2	9.0	9.4	9.0	8.1	
1993	9.2	9.5	9.1	8.5	7.3	5.3	5.2	6.5	7.7	8.7	9.0	8.4	7.9	
1994	9.1	9.6	9.1	8.2	6.5	5.6	6.0	7.0	8.7	9.1	10.0	9.6	8.2	
1995	10.0	9.8	9.4	8.2	7.4	5.8	6.2	6.7	7.6	9.0	10.0	8.7	8.2	
1996	9.4	10.0	9.2	8.7	5.9	5.2	6.0	7.6	8.1	9.2	9.7	9.3	8.2	
1997	9.5	9.6	9.1	8.1	7.2	5.8	5.3	6.7	8.2	9.1	10.0	10.2	8.2	
1998	9.6	10.2	9.4	8.5	7.1	5.2	5.2	6.5	8.8	9.7	10.2	9.3	8.3	
1999	9.8	10.0	9.9	8.7	7.3	4.1	5.3	6.5	7.6	8.5	7.6	9.6	7.9	
2000	9.5	9.8	10.0	8.7	7.2	5.4	5.6	7.0	8.7	9.5	10.2	10.0	8.5	
2001	9.6	10.4	9.4	8.7	6.9	4.7	5.9	6.9	8.1	9.4	9.7	9.2	8.2	
2002	9.7	9.8	9.8	8.5	7.7	6.0	6.3	7.0	8.7	9.1	7.7	8.9	8.3	
2003	9.8	10.0	9.7	8.9	6.9	5.2	5.0	6.7	8.6	9.7	10.5	9.8	8.4	
2004	9.9	11.2	9.4	8.9	6.7	5.7	5.9	7.4	9.0	9.6	10.4	9.5	8.6	
2005	10.3	10.5	10.0	8.8	7.0	4.8	4.8	6.2	7.5	7.5	9.4	9.8	8.0	
2006	9.6	10.6	10.1	8.9	7.8	5.8	6.0	6.8	7.4	8.1	8.4	8.7	8.2	
2007	9.3	9.9	10.2	8.8	8.0	6.0	5.9	6.5	9.0	9.4	9.9	9.1	8.5	
2008	9.4	10.0	9.8	8.6	7.3	5.5	5.6	5.9	6.8	7.7	9.0	9.5	7.9	
2009	10.0	10.5	9.3	8.9	7.6	6.0	6.2	7.1	8.8	9.8	10.8	10.0	8.7	
2010	10.5	9.7	9.6	8.9	6.8	5.1	5.2	6.4	7.9	9.1	10.0	9.9	8.3	
2011	10.3	10.5	9.2	9.1	7.7	6.0	5.9	6.5	8.8	10.1	10.7	10.0	8.7	
2012	9.9	9.7	9.7	8.7	7.4	6.3	6.3	6.5	8.6	10.0	10.7	9.6	8.6	
2013	10.1	10.6	9.8	8.8	7.6	5.6	5.9	7.6	8.2	9.8	10.2	10.7	8.7	
2014	10.4	11.2	9.8	8.9	7.4	5.8	5.5	6.9	8.3	9.4	10.1	9.9	8.6	
2015	9.8	11.4	10.3	9.0	6.4	5.6	5.7	7.2	8.7	10.2	11.1	10.4	8.8	
2016	11.3	10.8	10.0	9.0	7.6	5.7	5.3	6.7	7.3	9.8	10.3	10.6	8.7	
2017	10.7	10.4	9.4	9.3	7.9	6.2	6.4	6.9	7.6	9.0	10.4	10.8	8.8	
2018	10.2	10.6	10.3	8.8	7.7	5.6	5.2	6.6	8.1	9.5	8.5	10.2	8.4	
2019	9.9	10.4	10.4	9.2	7.5	6.2	6.3	6.5	8.5	10.2	10.4	9.7	8.8	
2020	10.6	10.6	9.6	9.1	7.3	6.1	5.8	6.5	7.8	9.5	10.3	9.9	8.6	
2021	10.1	10.4	10.5	9.0	7.9	6.3	6.0	7.6	8.5	9.2	9.0	10.4	8.7	
2022	10.9	10.8	11.2	9.3	7.4	5.1	5.9	6.4	7.2	10.2	10.2	10.7	8.8	
Prom	9.8	10.1	9.6	8.7	7.2	5.5	5.7	6.7	8.1	9.2	9.7	9.6	8.3	
Desvest	0.6	0.6	0.5	0.3	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.6	0.3	
Máx	11.3	11.4	11.2	9.3	8.0	6.3	6.4	7.6	9.0	10.2	11.1	10.8	8.8	
Mín	8.6	8.6	8.9	8.1	5.4	4.1	4.8	5.9	6.8	7.2	7.6	8.4	7.7	



TEMPERATURA MEDIA HISTORICA (°C) - MODELO GCM NESM3														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao					Distrito:	Ilave-Juli	
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"					Altitud:	3827-4613 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
1981	9.9	9.9	9.8	9.1	7.5	5.9	5.9	6.7	9.0	9.8	10.3	9.9	8.6	
1982	9.0	9.0	9.4	8.8	7.1	5.2	5.2	5.7	7.3	8.5	8.4	8.7	7.7	
1983	8.4	8.8	8.7	8.2	6.8	5.2	4.8	5.7	7.7	7.7	8.3	9.4	7.5	
1984	9.0	9.2	9.1	8.3	5.5	4.8	5.2	6.0	7.5	7.8	9.6	9.3	7.6	
1985	8.9	9.2	8.8	7.7	5.9	4.8	5.5	6.6	7.6	8.9	10.2	9.8	7.8	
1986	8.9	9.5	9.2	8.7	7.1	4.5	5.1	6.0	7.6	9.4	9.0	9.9	7.9	
1987	9.9	9.4	9.1	8.5	7.6	5.1	5.3	6.0	7.6	9.0	9.7	10.2	8.1	
1988	9.1	9.2	9.0	8.5	6.5	5.3	5.2	5.8	6.8	8.0	9.2	9.6	7.7	
1989	8.9	8.9	8.9	8.3	5.4	5.2	4.7	5.6	7.5	8.4	10.0	9.7	7.6	
1990	9.6	10.0	10.0	8.8	8.1	5.8	6.0	6.7	7.8	9.1	9.0	9.8	8.4	
1991	9.4	9.4	9.1	8.0	6.4	5.3	5.2	6.3	7.5	8.1	8.4	9.1	7.7	
1992	9.0	8.7	8.6	8.0	6.1	5.1	4.1	5.4	7.0	9.0	9.1	9.7	7.5	
1993	9.3	9.2	8.9	8.5	6.8	5.6	5.1	6.5	7.3	9.2	8.5	9.5	7.9	
1994	8.6	8.7	8.8	8.2	7.2	5.2	5.1	6.3	7.2	8.9	9.0	10.1	7.8	
1995	9.3	9.6	9.7	7.7	7.7	6.2	5.9	7.4	8.1	9.7	10.9	10.5	8.6	
1996	10.2	10.1	9.7	8.9	7.4	5.9	5.6	6.6	8.8	9.1	9.7	9.9	8.5	
1997	9.6	9.7	9.4	8.8	6.5	5.2	5.2	6.3	8.3	8.7	9.4	9.9	8.1	
1998	8.8	9.1	9.2	8.6	7.0	5.2	6.2	6.9	7.9	9.3	8.5	9.8	8.0	
1999	9.6	9.5	9.3	9.0	7.2	6.4	6.3	6.6	7.8	9.5	9.4	10.8	8.4	
2000	9.8	9.5	9.3	8.7	7.3	5.6	5.8	7.0	8.2	9.7	10.3	10.6	8.5	
2001	10.4	9.7	9.4	8.2	7.4	6.5	5.7	7.1	8.8	8.6	10.4	10.0	8.5	
2002	9.5	9.4	9.5	8.6	7.4	5.6	5.4	6.5	7.7	8.8	10.2	10.5	8.3	
2003	9.6	9.3	9.3	8.9	7.5	5.5	5.6	6.5	8.0	8.6	9.5	10.0	8.2	
2004	9.8	9.6	9.7	8.5	7.6	5.9	5.7	6.9	8.0	8.7	10.7	11.3	8.5	
2005	10.0	9.8	9.8	8.9	7.4	5.5	6.3	6.9	8.1	9.4	10.0	10.7	8.6	
2006	10.2	10.3	10.3	8.9	6.9	5.6	5.4	7.6	8.6	8.1	10.2	10.4	8.5	
2007	9.8	9.6	9.9	8.9	7.3	5.3	5.3	7.6	8.2	9.5	9.8	9.4	8.4	
2008	9.8	9.4	9.3	8.7	7.3	5.3	5.6	6.5	7.6	9.5	8.8	9.8	8.1	
2009	9.6	9.6	9.3	8.9	7.1	6.4	6.2	6.7	9.2	10.1	10.4	10.8	8.7	
2010	10.4	10.0	10.3	9.5	7.9	6.4	6.2	6.8	8.7	10.1	9.5	10.4	8.8	
2011	9.5	9.8	9.4	8.9	7.3	5.9	5.8	6.5	7.6	9.3	10.2	9.7	8.3	
2012	9.3	9.4	9.3	8.8	7.9	5.9	5.2	6.7	7.7	9.1	10.0	10.0	8.3	
2013	9.3	9.3	9.8	9.0	6.7	6.3	5.5	6.5	7.9	9.4	11.1	10.6	8.5	
2014	9.7	9.6	9.7	8.7	7.7	6.0	6.2	6.6	8.3	9.3	9.8	10.4	8.5	
2015	10.5	11.2	10.8	9.4	7.6	6.4	6.1	6.9	9.0	10.1	10.2	11.4	9.1	
2016	10.3	10.6	10.0	9.2	7.5	6.0	5.9	7.0	9.4	9.8	10.0	10.0	8.8	
2017	10.2	10.0	10.1	9.1	7.3	5.3	5.6	7.6	8.5	10.2	10.7	10.6	8.8	
2018	9.8	10.1	10.3	9.1	7.2	6.2	6.5	7.0	9.8	10.2	10.4	10.9	9.0	
2019	10.3	10.4	11.2	9.7	8.3	6.5	6.2	7.2	9.0	10.2	9.6	10.7	9.1	
2020	10.0	10.3	10.0	9.7	8.5	6.4	6.0	7.3	9.3	9.4	10.1	11.2	9.0	
2021	10.5	10.6	10.3	9.4	7.8	6.2	6.1	6.7	9.0	9.5	10.5	10.7	9.0	
2022	10.6	9.7	9.7	9.2	7.1	6.0	5.9	7.0	8.2	9.9	10.0	10.8	8.7	
Prom	9.6	9.6	9.6	8.8	7.2	5.7	5.6	6.6	8.1	9.2	9.7	10.2	8.3	
Desvest	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	
Máx	10.6	11.2	11.2	9.7	8.5	6.5	6.5	7.6	9.8	10.3	11.1	11.4	9.1	
Mín	8.4	8.7	8.6	7.7	5.4	4.5	4.1	5.4	6.8	7.7	8.3	8.7	7.5	



ANEXO 6: Datos climáticos futuros para la generación de la oferta hídrica

EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA (mm)-MODELO GCMs CESM2													
CUENCA ZAPATILLA													
Región: Puno				Provincia: Chucuito-El Collao				Distrito: Ilave-Juli					
Latitud: 16°15'29"				Longitud: 69°36'11"				Altitud: 3827-4613 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2023	116.3	101.8	109.3	100.3	92.4	83.3	88.8	93.7	100.1	108.5	112.8	117.1	1224.4
2024	114.6	100.7	109.8	101.0	94.9	83.6	92.8	93.7	102.4	109.6	112.4	118.4	1233.9
2025	122.5	105.1	111.8	103.2	96.1	84.1	89.1	90.5	100.2	112.7	113.9	117.8	1246.9
2026	118.0	102.5	109.4	99.7	94.3	83.4	86.4	90.5	100.1	108.5	113.2	118.0	1224.0
2027	117.5	104.9	111.7	101.1	96.6	85.1	87.7	89.9	101.3	107.3	113.6	115.7	1232.4
2028	117.5	100.3	109.4	99.6	92.6	82.7	88.8	89.9	99.4	112.1	113.5	118.0	1223.7
2029	118.0	102.2	111.7	103.3	91.8	82.7	88.8	93.7	99.5	109.7	111.6	118.1	1230.9
2030	118.8	103.6	112.2	102.2	98.3	85.3	90.6	95.7	100.5	111.7	115.5	121.0	1255.3
2031	120.6	105.2	113.2	103.4	95.4	87.2	88.0	93.7	100.1	113.5	112.0	117.1	1249.5
2032	115.4	101.4	108.1	99.6	95.4	83.4	86.2	93.7	100.1	107.3	110.8	117.1	1218.5
2033	114.2	101.4	108.1	101.0	95.0	81.7	88.8	93.7	101.3	110.9	113.0	119.1	1228.2
2034	120.5	106.9	119.7	106.6	97.6	87.2	88.8	95.1	105.9	116.1	112.4	117.5	1274.2
2035	115.9	103.0	109.7	101.1	93.2	84.1	89.5	92.4	101.3	112.1	117.5	113.8	1233.4
2036	115.4	101.8	109.6	99.6	94.7	84.4	90.6	95.2	98.6	116.2	116.3	118.0	1240.5
2037	120.7	104.8	121.3	102.6	95.0	85.3	87.4	91.5	101.3	111.6	113.0	117.8	1252.1
2038	114.6	103.6	111.5	100.0	93.2	82.8	89.5	93.7	100.9	113.5	121.2	121.4	1245.9
2039	122.2	105.0	117.0	102.2	96.8	85.4	93.2	102.2	103.9	113.2	119.4	120.4	1280.8
2040	122.3	105.4	113.2	103.4	94.7	87.2	92.8	96.1	104.6	116.9	115.4	120.4	1272.5
2041	120.4	103.7	111.7	102.2	96.1	84.1	92.8	95.4	102.4	113.2	117.2	120.4	1259.7
2042	118.7	102.9	111.2	101.3	94.0	87.2	92.8	94.3	100.5	111.7	116.4	120.2	1251.3
2043	117.9	103.6	111.9	101.4	94.8	85.4	95.0	96.1	102.1	107.3	121.7	120.4	1257.6
2044	123.7	106.0	120.5	106.3	97.9	87.8	90.8	95.8	103.6	112.7	114.3	118.6	1278.0
2045	117.1	102.6	111.7	102.8	95.2	85.3	92.8	93.8	104.1	112.2	117.0	117.1	1251.7
2046	115.0	100.3	109.6	99.2	94.3	87.2	92.8	99.4	100.5	113.4	115.2	120.8	1247.7
2047	121.0	106.7	121.1	107.4	100.1	85.2	93.9	97.0	109.0	117.3	120.0	122.7	1301.4
2048	120.5	105.3	114.4	107.4	99.0	87.3	90.7	98.7	104.6	114.1	118.7	118.9	1279.6
2049	118.8	103.8	111.8	103.3	96.8	87.2	90.9	95.9	104.6	117.6	119.5	119.0	1269.1
2050	121.0	105.2	120.5	107.6	102.7	88.8	90.4	95.7	105.6	112.1	120.2	118.7	1288.5
Prom	118.6	103.6	112.9	102.5	95.7	85.2	90.4	94.5	102.1	112.2	115.6	118.7	1251.9
Desvest	2.7	1.9	4.1	2.6	2.4	1.9	2.4	2.8	2.4	2.9	3.2	1.9	22.0
Máx	123.7	106.9	121.3	107.6	102.7	88.8	95.0	102.2	109.0	117.6	121.7	122.7	1301.4
Mín	114.2	100.3	108.1	99.2	91.8	81.7	86.2	89.9	98.6	107.3	110.8	113.8	1218.5



EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA (mm)-MODELO GCMs CESM2														
CUENCA ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	Chucuito-El Collao			Distrito:	Ilave-Juli			
Latitud:	16°15'29"					Longitud:	69°36'11"			Altitud:	3827-4613 msnm.			
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual	
2051	118.8	103.6	113.0	105.5	97.6	90.1	94.8	100.3	104.6	113.2	120.2	120.8	1282.5	
2052	120.4	105.2	119.5	111.3	100.5	89.2	89.5	99.6	104.0	113.9	117.0	124.1	1294.4	
2053	118.9	105.1	120.6	103.3	100.5	88.5	94.7	99.0	109.0	117.5	122.1	122.9	1302.0	
2054	121.0	108.5	120.0	106.9	100.5	91.1	97.7	100.0	106.0	118.3	120.4	121.0	1311.3	
2055	117.5	105.1	116.4	103.3	98.7	89.3	93.2	100.8	104.6	116.5	116.7	121.6	1283.7	
2056	125.5	110.0	125.1	113.5	99.4	87.3	94.1	99.5	111.1	119.4	123.5	122.9	1331.3	
2057	120.7	105.0	117.2	103.3	99.0	91.0	94.3	103.2	111.2	117.1	122.8	121.0	1305.8	
2058	124.0	106.1	123.1	103.3	101.8	92.0	96.7	97.0	105.0	119.6	119.5	120.7	1308.7	
2059	120.6	105.2	117.2	104.5	100.9	94.2	94.2	102.8	108.0	117.3	123.1	124.4	1312.4	
2060	121.5	105.3	120.7	103.3	100.8	93.9	99.6	102.7	108.7	117.5	122.0	125.2	1321.2	
2061	120.9	105.5	117.9	104.0	100.5	89.0	95.5	99.6	108.8	123.7	122.4	123.8	1311.4	
2062	121.0	107.3	126.3	111.1	101.5	88.8	90.6	99.1	110.5	124.5	123.7	130.7	1334.9	
2063	129.6	108.9	122.1	107.7	102.2	97.2	97.8	102.0	110.5	124.3	121.5	120.5	1344.4	
2064	120.6	103.5	117.6	108.4	102.2	92.5	94.9	102.7	110.0	118.3	125.0	128.4	1324.0	
2065	134.2	106.1	121.7	108.9	102.0	95.6	97.4	100.6	112.1	112.8	125.9	127.3	1344.7	
2066	126.6	112.0	124.1	116.7	102.9	95.4	96.5	101.8	109.0	119.7	117.7	120.9	1343.4	
2067	120.3	105.5	115.6	109.0	101.8	94.1	96.5	103.2	109.9	116.2	122.7	127.7	1322.6	
2068	128.2	110.5	123.3	113.0	102.6	92.9	95.6	104.1	112.5	117.9	123.5	128.5	1352.5	
2069	121.5	107.5	125.1	112.2	101.6	96.5	97.6	103.8	113.6	117.6	124.4	124.9	1346.3	
2070	118.7	105.4	117.6	106.9	100.4	92.9	96.0	106.1	107.5	115.8	125.2	130.2	1322.7	
2071	131.5	111.5	124.6	111.8	104.8	93.6	98.0	104.4	112.9	125.0	127.9	126.9	1372.9	
2072	123.8	105.5	116.9	108.3	106.9	98.3	98.4	103.8	113.0	121.8	123.9	131.6	1352.1	
2073	134.1	112.5	126.4	111.9	106.9	96.3	101.6	104.6	112.8	124.1	127.9	121.0	1380.2	
2074	120.4	106.9	113.9	109.3	101.6	95.5	97.9	107.2	109.4	116.4	126.4	125.9	1330.7	
2075	132.6	112.1	129.8	113.3	102.9	95.6	102.6	111.5	113.1	119.6	123.9	123.9	1381.0	
2076	121.5	109.6	123.0	112.9	106.2	96.5	103.0	105.6	112.8	119.4	125.8	130.3	1366.5	
2077	132.8	115.4	122.9	110.7	103.0	96.5	97.9	107.2	112.8	120.2	131.9	131.0	1382.3	
2078	129.2	117.9	126.4	117.6	103.5	99.4	101.3	107.3	114.6	127.6	126.6	125.7	1397.2	
2079	129.2	109.2	128.3	116.4	103.9	94.2	104.8	107.8	111.8	123.3	125.2	131.2	1385.1	
2080	126.9	108.9	129.3	115.1	100.7	96.8	100.2	108.9	110.8	123.7	129.5	131.1	1381.8	
2081	125.5	106.8	125.1	115.2	106.1	101.7	106.3	110.7	114.7	123.0	127.2	130.0	1392.2	
2082	134.0	113.1	128.7	115.8	109.8	101.3	103.1	111.7	115.0	125.2	121.7	122.9	1402.4	
2083	123.5	111.3	121.1	115.1	104.6	96.7	105.0	110.2	115.9	126.6	129.3	133.0	1392.3	
2084	140.4	122.0	134.0	119.8	109.7	102.2	104.0	111.2	115.0	126.7	127.8	132.3	1445.0	
2085	128.8	108.5	125.0	115.2	108.4	99.5	108.9	112.3	120.2	127.4	132.4	131.4	1418.1	
2086	138.1	115.9	129.4	120.8	114.9	105.9	104.4	112.7	119.9	126.1	129.6	124.3	1442.1	
2087	126.4	106.6	125.3	114.1	109.3	97.9	109.8	111.7	115.8	125.0	127.0	133.8	1402.7	
2088	137.8	126.2	137.2	120.5	114.6	100.8	104.7	108.3	120.3	128.5	134.1	134.4	1467.5	
2089	137.9	115.6	129.8	118.2	110.1	101.8	109.2	117.2	118.5	129.0	129.7	139.4	1456.7	
2090	139.5	125.5	129.9	119.1	112.5	100.6	106.5	114.3	120.0	129.0	140.5	136.3	1473.7	
2091	147.5	131.4	137.2	120.1	112.7	100.8	109.4	112.4	116.1	128.2	131.8	131.3	1478.8	
2092	123.6	110.0	126.5	114.3	112.3	103.1	109.2	115.6	117.9	127.7	133.4	136.7	1430.3	
2093	142.1	121.6	134.6	120.6	115.0	107.5	108.2	115.5	122.2	130.0	133.0	135.5	1485.8	
2094	131.4	116.9	136.7	122.5	114.5	104.5	111.0	115.8	119.3	131.6	139.5	137.0	1480.6	
2095	134.7	119.2	132.7	119.2	110.0	104.5	107.1	115.3	115.5	131.6	128.9	136.4	1455.0	
2096	136.4	123.4	133.4	120.7	114.1	105.3	109.6	113.1	120.4	127.9	136.9	130.2	1471.5	
2097	134.0	120.7	140.2	124.1	109.9	104.5	107.0	109.2	120.0	132.0	135.2	142.7	1479.4	
2098	133.1	114.6	136.2	125.2	115.1	103.8	110.7	115.6	121.5	132.7	132.7	129.3	1470.4	
2099	133.8	115.1	129.5	123.0	112.4	104.6	111.1	115.7	121.0	130.5	135.1	141.7	1473.6	
2100	141.5	125.4	138.1	122.1	116.4	110.5	114.4	114.9	121.6	132.6	135.5	129.2	1502.0	
Prom	128.4	111.8	125.5	113.4	105.8	97.2	101.5	107.2	113.4	123.1	127.0	128.7	1383.0	
Desvest	7.6	6.9	6.9	6.3	5.5	5.7	6.3	5.8	5.1	5.6	5.7	5.8	64.8	
Máx	147.5	131.4	140.2	125.2	116.4	110.5	114.4	117.2	122.2	132.7	140.5	142.7	1502.0	
Mín	117.5	103.5	113.0	103.3	97.6	87.4	89.5	97.0	104.0	112.8	116.7	120.5	1282.5	



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MEDIA (mm) - MODELO GCM MRI-ESM2-0													
CUENCA ZAPATILLA													
Región: Puno		Provincia: Chucuito-El Collao					Distrito: Ilave-Juli						
Latitud: 16°15'29"		Longitud: 69°36'11"					Altitud: 3827-4613 msnm.						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2023	73.6	225.2	180.5	9.1	1.1	0.6	0.2	4.5	2.4	42.4	36.2	260.3	836.0
2024	193.1	191.9	118.3	28.8	2.7	7.1	0.1	0.3	13.4	17.6	39.9	115.7	728.9
2025	192.9	123.9	100.2	30.3	4.4	12.8	0.1	10.1	7.9	61.6	72.0	109.8	725.9
2026	273.1	172.7	100.0	92.5	0.0	3.9	1.1	0.1	8.1	14.1	107.5	98.8	871.8
2027	91.5	83.9	99.2	10.7	3.5	0.7	0.5	4.2	2.6	15.1	25.9	172.5	510.1
2028	269.1	77.4	116.7	32.9	2.1	1.9	1.2	5.1	41.9	14.8	26.8	91.3	681.0
2029	270.3	158.0	118.1	27.5	0.0	0.2	5.3	13.1	11.3	20.4	37.8	118.2	780.1
2030	54.9	98.0	123.6	52.9	2.8	0.5	0.3	6.1	37.6	7.2	105.4	152.5	641.6
2031	183.5	97.0	170.6	45.1	2.5	4.4	1.7	5.0	34.5	54.4	41.2	215.9	855.8
2032	207.6	187.4	72.8	43.0	4.6	0.8	51.8	0.6	2.2	11.2	37.7	47.5	667.3
2033	139.0	94.1	117.9	49.1	0.0	0.6	0.2	5.5	14.6	37.4	43.8	171.5	673.8
2034	150.5	124.0	117.1	8.8	0.0	0.2	4.4	4.5	26.5	14.9	45.8	93.4	590.2
2035	189.9	124.4	267.1	60.1	0.3	0.1	6.0	4.0	15.3	20.1	36.7	80.0	803.9
2036	163.3	157.5	99.1	18.0	9.1	0.5	0.4	53.3	10.5	14.1	12.9	189.0	727.7
2037	116.7	84.1	173.9	34.4	1.9	0.1	4.0	1.7	26.1	44.5	71.5	98.1	657.0
2038	126.7	152.0	154.9	45.7	17.6	5.1	1.5	4.5	15.7	36.3	73.3	47.5	680.7
2039	47.2	56.7	117.0	58.5	0.8	0.2	68.0	5.8	16.5	40.9	40.0	83.8	535.3
2040	120.5	78.0	75.2	72.3	2.8	13.5	0.5	0.3	2.8	39.4	43.6	42.8	491.5
2041	152.6	99.4	170.0	80.6	2.8	45.7	0.8	0.3	23.8	40.9	45.8	105.0	767.8
2042	161.2	109.2	173.9	50.9	2.8	0.3	0.2	4.4	14.1	32.5	79.8	129.2	758.4
2043	102.8	135.3	72.8	56.2	0.1	0.1	13.6	19.9	20.9	40.5	85.3	78.3	625.9
2044	187.3	129.1	118.3	90.3	9.8	12.2	11.6	5.1	34.8	13.9	20.4	67.9	700.8
2045	99.0	97.9	102.9	103.1	0.0	0.2	18.9	13.5	26.0	22.3	106.9	157.5	748.2
2046	193.8	135.6	182.5	72.6	8.1	3.0	0.5	0.7	7.4	30.5	92.3	124.4	851.4
2047	280.1	61.6	35.8	20.5	1.9	0.6	1.1	0.5	10.4	40.8	79.9	98.6	631.7
2048	181.8	123.9	259.8	18.5	2.0	0.6	0.1	5.9	19.4	40.9	90.9	298.1	1042.0
2049	248.8	64.8	72.7	72.4	4.6	0.2	2.0	9.8	17.0	46.2	84.6	111.2	734.3
2050	187.9	178.4	205.8	32.0	4.2	20.4	1.6	12.7	9.3	58.5	48.7	32.7	792.1
Prom	166.4	122.2	132.8	47.0	3.3	4.9	7.1	7.2	16.9	31.2	58.3	121.1	718.3
Desvest	65.3	43.3	54.9	26.4	3.9	9.6	15.8	10.3	11.0	15.5	28.1	63.3	118.5
Máx	280.1	225.2	267.2	103.1	17.6	45.7	68.0	53.3	41.9	61.6	107.5	298.1	1042.0
Mín	47.2	56.7	35.8	8.8	0.0	0.1	0.1	0.1	2.3	7.2	12.9	32.7	491.5



PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MEDIA (mm) - MODELO GCM MRI-ESM2-0													
CUENCA ZAPATILLA													
Región: Puno		Provincia: Chucuito-El Collao						Distrito: Ilave-Juli					
Latitud: 16°15'29"		Longitud: 69°36'11"						Altitud: 3827-4613 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2051	124.2	41.2	100.1	11.6	0.0	0.1	0.4	1.0	10.8	8.3	45.2	102.0	444.8
2052	137.4	356.6	194.9	46.5	0.7	0.5	4.5	1.5	11.2	32.3	40.9	76.6	903.4
2053	127.9	217.5	185.3	41.7	0.1	5.5	0.1	0.2	9.6	57.7	91.2	150.9	887.7
2054	77.4	150.8	49.5	41.2	8.0	0.2	30.5	1.9	11.3	14.5	30.9	97.7	514.2
2055	156.8	164.7	187.2	81.7	2.1	0.2	0.7	18.7	8.7	37.8	107.5	283.2	1049.3
2056	124.2	265.6	79.7	62.1	1.2	0.6	1.5	5.0	26.0	8.4	46.0	56.2	676.5
2057	253.5	192.8	177.9	42.2	8.6	1.0	0.5	4.5	25.7	39.6	69.9	140.0	956.1
2058	91.5	217.1	113.0	14.7	4.8	1.4	4.8	1.5	14.9	14.2	29.9	265.6	773.4
2059	141.9	171.8	180.7	49.3	2.4	0.4	4.5	5.1	13.6	32.0	49.0	98.2	748.9
2060	286.6	298.2	83.8	42.6	2.0	0.6	0.1	0.5	14.3	22.3	45.8	77.2	873.9
2061	291.4	132.7	177.1	52.2	3.7	5.4	0.3	5.7	10.8	25.5	43.0	70.7	818.4
2062	51.5	135.8	99.8	32.7	9.9	14.2	0.0	10.3	6.1	13.6	86.7	218.6	679.2
2063	217.1	187.5	158.8	63.8	8.6	4.9	5.0	3.1	40.9	46.1	45.9	77.9	859.5
2064	314.3	311.1	129.0	73.0	0.0	0.7	0.7	0.2	2.3	40.0	29.8	340.3	1241.3
2065	180.4	80.3	203.2	56.3	19.7	1.6	1.7	13.0	17.7	29.3	77.4	248.8	929.5
2066	226.5	155.3	179.5	20.0	10.2	5.3	1.3	4.3	16.2	26.5	40.9	60.9	746.8
2067	98.1	120.2	201.1	99.9	2.8	9.8	0.1	1.1	15.2	14.1	36.0	131.9	730.3
2068	219.8	205.8	187.3	84.1	8.3	0.2	0.1	4.5	36.1	36.5	31.1	42.5	856.4
2069	102.3	83.1	58.6	44.8	8.5	0.2	1.1	7.9	3.1	39.6	27.0	97.9	474.1
2070	103.6	151.7	123.1	190.0	2.8	0.2	8.8	55.4	14.2	40.4	58.3	91.6	840.0
2071	77.8	118.3	191.8	84.3	5.8	4.4	51.3	5.0	1.6	9.6	103.9	331.6	985.4
2072	197.7	186.8	184.3	100.2	4.9	0.2	0.5	3.9	2.7	58.4	72.0	59.7	871.4
2073	64.4	150.1	175.4	72.6	0.2	2.0	1.2	9.7	5.1	37.7	92.7	78.6	689.6
2074	151.2	193.9	167.6	24.2	4.3	11.0	0.1	0.8	3.4	37.6	36.0	77.2	707.4
2075	187.7	324.5	94.0	41.5	18.1	10.0	3.8	2.5	8.8	8.8	36.2	312.6	1048.5
2076	330.2	311.7	135.4	28.5	2.7	4.4	5.4	4.1	18.1	20.4	150.6	223.6	1235.2
2077	162.8	206.6	178.3	55.6	0.1	19.7	6.9	0.5	2.1	25.4	27.2	42.6	727.9
2078	150.4	52.0	167.7	8.2	0.1	2.0	4.4	4.2	11.1	66.4	143.3	316.2	926.2
2079	385.8	140.8	269.0	89.2	2.3	31.2	0.2	12.4	16.4	35.6	29.8	84.1	1096.8
2080	251.5	64.6	102.9	100.5	34.3	5.0	6.3	0.2	20.1	9.1	13.8	25.4	633.9
2081	121.2	132.6	81.3	7.7	2.3	0.3	34.9	0.1	11.8	12.5	45.1	94.7	544.6
2082	156.5	100.5	100.3	62.1	0.4	11.8	1.1	0.2	2.5	36.6	58.7	343.6	874.3
2083	252.1	151.4	183.3	35.1	1.1	0.6	0.2	4.3	10.9	36.1	4.0	98.7	777.7
2084	219.8	192.3	140.1	20.5	4.5	0.5	12.4	4.5	8.9	2.3	32.3	97.6	735.6
2085	69.2	98.3	67.6	8.2	2.8	16.1	9.9	15.8	20.9	34.3	57.5	306.6	707.3
2086	316.6	179.4	117.3	100.5	10.8	0.5	0.7	24.8	2.2	20.4	91.0	290.2	1154.3
2087	228.5	94.8	147.7	55.9	0.0	13.2	1.9	0.5	1.5	12.7	15.3	0.0	572.0
2088	78.0	88.1	52.1	34.6	2.8	0.7	0.7	0.2	10.4	7.6	42.4	107.6	425.2
2089	138.6	346.2	244.0	79.9	4.6	9.8	0.5	10.3	7.9	19.7	71.6	156.6	1089.6
2090	261.1	91.5	383.9	28.9	17.6	0.5	4.2	0.2	13.7	45.9	85.2	47.9	980.7
2091	335.0	78.0	191.8	55.5	4.5	0.6	5.0	0.1	31.7	42.7	0.0	42.1	787.1
2092	124.7	138.8	111.6	49.4	0.7	0.2	0.2	3.0	40.7	30.3	20.3	36.2	556.3
2093	95.6	104.9	286.8	71.3	9.4	13.0	0.5	0.5	12.3	32.0	44.1	150.7	821.1
2094	270.8	151.9	121.8	51.7	0.2	1.8	0.1	2.4	14.8	44.8	15.0	133.8	809.0
2095	73.3	125.3	100.4	43.6	9.7	0.5	1.7	19.5	14.1	11.0	30.2	23.1	452.2
2096	83.8	280.5	130.4	20.7	0.0	0.1	0.5	1.7	38.9	36.0	44.2	42.8	679.7
2097	219.3	188.6	195.2	69.6	0.0	0.2	0.1	15.2	40.6	14.7	106.3	128.0	977.8
2098	249.6	103.5	358.4	63.2	4.3	0.2	0.2	5.2	15.3	21.7	15.0	0.0	836.7
2099	131.8	76.8	186.9	17.6	17.1	2.0	0.1	0.2	1.3	26.2	9.6	264.9	734.4
2100	261.8	73.8	207.6	8.0	0.0	0.2	4.3	0.2	1.5	2.3	46.6	24.4	630.7
Prom	179.5	163.7	158.9	52.8	5.4	4.3	4.5	6.0	14.0	27.6	51.5	133.4	801.4
Desvest	85.2	79.7	69.4	33.2	6.6	6.4	9.5	9.2	11.0	15.2	33.5	101.5	197.6
Máx	385.8	356.6	383.9	190.0	34.4	31.2	51.3	55.4	40.9	66.4	150.6	343.6	1241.3
Mín	51.5	41.2	49.5	7.7	0.0	0.1	0.0	0.1	1.3	2.3	0.0	0.0	425.2



ANEXO 7: Estimación de caudales futuros

CAUDAL MEDIO MENSUAL SIMULADO (m3/s)-MODELO GCM MRI-ESM2-0													
ESTACIÓN HIDROMETRICA PUENTE ZAPATILLA													
Región: Puno				Provincia: El Collao				Distrito: Ilave					
Latitud: 16°08'25.40"				Longitud: 69°34'15.40"				Altitud: 3840 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual
2023	3.41	10.38	10.07	2.36	0.87	0.43	0.22	0.13	0.09	0.07	0.06	2.22	2.53
2024	6.10	9.61	6.26	2.28	0.85	0.45	0.23	0.13	0.09	0.06	0.05	0.18	2.19
2025	1.89	3.25	2.91	1.40	0.60	0.34	0.18	0.12	0.08	0.08	0.13	0.41	0.95
2026	5.91	8.62	4.99	3.85	1.18	0.56	0.28	0.16	0.10	0.07	0.15	0.39	2.19
2027	0.71	1.05	1.39	0.67	0.33	0.19	0.11	0.07	0.05	0.03	0.03	0.31	0.41
2028	5.69	3.68	3.81	1.74	0.69	0.36	0.19	0.12	0.10	0.07	0.06	0.11	1.38
2029	3.70	6.40	5.04	1.95	0.73	0.37	0.20	0.13	0.09	0.06	0.05	0.20	1.58
2030	0.25	0.60	1.40	1.12	0.50	0.27	0.15	0.09	0.08	0.05	0.12	0.84	0.46
2031	3.50	3.39	5.54	2.46	0.89	0.45	0.23	0.14	0.11	0.11	0.11	1.67	1.55
2032	6.01	9.23	4.11	2.09	0.81	0.40	0.35	0.20	0.12	0.08	0.07	0.06	1.96
2033	0.37	0.87	1.68	1.22	0.52	0.28	0.15	0.10	0.07	0.05	0.05	0.60	0.50
2034	2.14	3.37	3.42	1.22	0.51	0.27	0.15	0.10	0.07	0.05	0.05	0.11	0.96
2035	1.47	2.96	10.91	4.18	1.25	0.57	0.30	0.17	0.12	0.08	0.07	0.11	1.85
2036	0.91	3.13	2.98	1.26	0.58	0.31	0.17	0.15	0.10	0.07	0.05	0.55	0.86
2037	1.35	1.65	3.93	1.76	0.69	0.35	0.19	0.11	0.08	0.07	0.12	0.31	0.88
2038	1.01	3.07	4.81	2.30	1.01	0.50	0.26	0.15	0.10	0.08	0.12	0.13	1.13
2039	0.14	0.18	0.53	0.59	0.30	0.17	0.19	0.12	0.09	0.08	0.08	0.15	0.22
2040	0.55	0.81	0.90	0.97	0.45	0.27	0.15	0.09	0.06	0.05	0.05	0.05	0.37
2041	0.43	1.02	3.24	2.64	0.94	0.73	0.35	0.19	0.14	0.11	0.11	0.28	0.85
2042	1.47	2.38	4.93	2.46	0.89	0.43	0.22	0.13	0.09	0.07	0.11	0.49	1.14
2043	0.99	2.43	1.84	1.35	0.56	0.29	0.18	0.12	0.09	0.08	0.15	0.27	0.70
2044	1.94	3.28	3.49	2.87	1.06	0.55	0.30	0.18	0.14	0.09	0.07	0.08	1.17
2045	0.22	0.61	1.11	1.73	0.68	0.35	0.21	0.14	0.10	0.08	0.19	1.14	0.55
2046	4.46	5.63	7.93	4.04	1.34	0.62	0.30	0.17	0.11	0.08	0.14	0.55	2.11
2047	6.79	3.48	1.50	0.77	0.36	0.20	0.12	0.07	0.05	0.04	0.07	0.22	1.14
2048	1.77	3.02	10.39	2.60	0.92	0.44	0.23	0.14	0.10	0.08	0.16	5.16	2.08
2049	12.01	4.76	2.82	2.18	0.83	0.41	0.22	0.13	0.09	0.08	0.15	0.45	2.01
2050	2.64	6.20	9.42	2.82	0.99	0.57	0.28	0.18	0.11	0.11	0.12	0.10	1.96
Prom	2.78	3.75	4.33	2.03	0.76	0.40	0.22	0.13	0.09	0.07	0.10	0.61	1.27
Desvest	2.75	2.88	3.00	0.96	0.27	0.14	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	1.02	0.67
Máx	12.01	10.38	10.91	4.18	1.34	0.73	0.35	0.20	0.14	0.11	0.19	5.16	2.53
Mín	0.14	0.18	0.53	0.59	0.30	0.17	0.11	0.07	0.05	0.03	0.03	0.05	0.22



CAUDAL MEDIO MENSUAL SIMULADO (m ³ /s)-MODELO GCM MRI-ESM2-0														
ESTACIÓN HIDROMETRICA PUENTE ZAPATILLA														
Región:	Puno					Provincia:	El Collao					Distrito:	Ilave	
Latitud:	16°08'25.40"					Longitud:	69°34'15.40"					Altitud:	3840 msnm.	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	
2051	5.57	2.61	2.54	1.04	0.45	0.25	0.14	0.09	0.06	0.04	0.03	0.09	1.08	
2052	0.60	13.25	11.99	3.72	1.15	0.53	0.27	0.16	0.10	0.08	0.07	0.11	2.67	
2053	0.49	4.33	7.25	2.73	0.93	0.47	0.24	0.14	0.09	0.08	0.17	0.92	1.49	
2054	1.07	2.81	1.52	0.96	0.46	0.25	0.17	0.10	0.07	0.05	0.04	0.09	0.63	
2055	0.77	3.22	6.45	3.84	1.19	0.54	0.27	0.17	0.11	0.09	0.22	5.03	1.83	
2056	4.74	13.15	4.90	2.67	0.92	0.44	0.23	0.14	0.10	0.06	0.06	0.06	2.29	
2057	2.24	6.80	8.18	2.96	1.08	0.50	0.26	0.15	0.11	0.09	0.12	0.57	1.92	
2058	0.93	5.15	4.22	1.49	0.62	0.32	0.18	0.11	0.07	0.05	0.04	1.74	1.24	
2059	3.41	6.46	8.06	3.14	1.04	0.49	0.26	0.15	0.10	0.07	0.07	0.17	1.95	
2060	4.84	16.71	5.77	2.50	0.89	0.43	0.22	0.13	0.09	0.06	0.05	0.09	2.65	
2061	4.07	5.33	7.26	3.05	1.04	0.51	0.26	0.15	0.10	0.07	0.06	0.09	1.83	
2062	0.11	0.60	1.07	0.70	0.36	0.22	0.13	0.08	0.06	0.04	0.06	1.45	0.41	
2063	5.85	8.94	7.76	3.50	1.19	0.56	0.29	0.17	0.13	0.12	0.12	0.18	2.40	
2064	6.01	19.00	8.78	4.25	1.24	0.56	0.28	0.16	0.10	0.07	0.06	4.62	3.76	
2065	7.04	4.01	7.51	3.17	1.25	0.57	0.28	0.17	0.12	0.08	0.12	2.61	2.24	
2066	7.89	8.04	8.52	2.32	0.91	0.45	0.23	0.14	0.09	0.07	0.06	0.07	2.40	
2067	0.20	0.80	4.01	3.57	1.13	0.57	0.28	0.16	0.11	0.07	0.06	0.22	0.93	
2068	2.73	7.45	8.91	4.48	1.39	0.60	0.29	0.17	0.13	0.10	0.08	0.08	2.20	
2069	0.19	0.41	0.43	0.38	0.22	0.13	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.07	0.17	
2070	0.28	1.59	2.56	6.16	1.59	0.67	0.35	0.32	0.21	0.17	0.18	0.32	1.20	
2071	0.45	1.08	3.79	2.84	0.99	0.48	0.39	0.22	0.13	0.08	0.14	6.28	1.41	
2072	9.06	10.41	10.21	5.70	1.55	0.66	0.32	0.18	0.11	0.10	0.14	0.17	3.22	
2073	0.22	1.03	3.32	2.33	0.82	0.40	0.21	0.13	0.08	0.06	0.11	0.21	0.74	
2074	1.07	4.75	6.51	2.15	0.82	0.44	0.23	0.13	0.08	0.06	0.05	0.08	1.36	
2075	1.07	12.64	5.37	2.25	0.96	0.49	0.26	0.15	0.10	0.06	0.05	3.16	2.21	
2076	16.09	23.97	9.76	2.81	0.97	0.48	0.25	0.15	0.10	0.07	0.32	3.24	4.85	
2077	5.11	9.32	8.84	3.42	1.07	0.60	0.31	0.17	0.11	0.07	0.06	0.05	2.43	
2078	0.32	0.40	1.67	0.74	0.35	0.20	0.12	0.07	0.05	0.05	0.33	7.75	1.00	
2079	24.88	11.17	16.73	6.14	1.57	0.93	0.42	0.24	0.16	0.12	0.09	0.14	5.22	
2080	2.86	2.10	2.20	2.27	1.14	0.54	0.28	0.16	0.11	0.07	0.05	0.03	0.98	
2081	0.12	0.70	0.93	0.48	0.25	0.15	0.10	0.07	0.05	0.03	0.03	0.08	0.25	
2082	0.70	1.32	1.61	1.24	0.52	0.30	0.16	0.10	0.06	0.05	0.05	5.26	0.95	
2083	12.23	9.47	9.52	2.91	0.97	0.46	0.23	0.14	0.09	0.07	0.05	0.08	3.02	
2084	1.62	5.16	5.05	1.69	0.67	0.34	0.19	0.12	0.08	0.05	0.04	0.07	1.26	
2085	0.13	0.38	0.47	0.28	0.16	0.11	0.07	0.05	0.04	0.03	0.04	3.60	0.45	
2086	15.00	11.71	6.22	4.24	1.34	0.58	0.28	0.18	0.11	0.07	0.11	3.94	3.65	
2087	9.42	5.41	5.72	2.68	0.90	0.48	0.24	0.14	0.09	0.06	0.04	0.03	2.10	
2088	0.03	0.09	0.12	0.11	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.05	
2089	0.47	11.63	14.45	5.29	1.46	0.68	0.33	0.19	0.12	0.08	0.09	0.54	2.94	
2090	5.44	3.79	19.40	3.66	1.35	0.59	0.30	0.17	0.11	0.08	0.13	0.14	2.93	
2091	5.82	3.42	5.75	2.54	0.89	0.43	0.22	0.13	0.09	0.07	0.05	0.04	1.62	
2092	0.17	0.94	1.65	1.14	0.49	0.26	0.14	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.42	
2093	0.09	0.32	5.77	3.11	1.08	0.55	0.27	0.15	0.10	0.07	0.06	0.34	0.99	
2094	5.22	6.55	4.80	2.22	0.78	0.39	0.20	0.12	0.08	0.06	0.04	0.17	1.72	
2095	0.28	0.91	1.26	0.85	0.42	0.23	0.13	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.36	
2096	0.05	3.28	3.95	1.47	0.58	0.30	0.16	0.10	0.07	0.06	0.06	0.05	0.84	
2097	1.22	4.70	7.36	3.32	1.03	0.47	0.24	0.15	0.11	0.08	0.16	0.56	1.62	
2098	4.84	4.10	18.05	4.82	1.36	0.59	0.29	0.16	0.11	0.07	0.05	0.03	2.87	
2099	0.10	0.23	1.80	0.87	0.45	0.25	0.14	0.09	0.06	0.04	0.03	1.23	0.44	
2100	7.49	3.76	6.91	1.78	0.67	0.34	0.18	0.11	0.07	0.04	0.04	0.03	1.78	
Prom	3.81	5.71	6.14	2.64	0.89	0.44	0.23	0.14	0.09	0.07	0.08	1.12	1.78	
Desvest	4.97	5.36	4.45	1.51	0.39	0.17	0.08	0.05	0.03	0.03	0.07	1.89	1.16	
Máx	24.88	23.97	19.40	6.16	1.59	0.93	0.42	0.32	0.21	0.17	0.33	7.75	5.22	
Mín	0.03	0.09	0.12	0.11	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05	



ANEXO 8: Script para lectura, descarga y extracción de información data PISCO.

PROCEDIMIENTO CODIGOS SCRIPT EN “RSTUDIO”

```
## Leer puntos de estaciones de datos PISCO de precipitación a partir de
# puntos de estaciones que están almacenados en un archivo *.csv
# Autores: Adrian Huerta & Waldo Lavado
setwd("D:/Datos Pisco/piscop_h")# Esta es la ruta de la carpeta donde esta Pisco
rm(list = ls())

INSTALACION DE LIBRERIAS Y PAQUETES REQUERIDOS
#install.packages("raster")#Instalación del paquete
#install.packages("ncdf4")#Instalación del paquete
library(raster)#Carga del paquete
library(ncdf4)#Cargar el paquete del archivo Pisco
library(sp)
long_lat <- read.csv("long_lat.csv", header = T)
### Ensamblamos los datos *.nc
raster_pp <- raster::brick("Piscop_operativo.nc")
## Asignamos las coordenadas
sp::coordinates(long_lat) <- ~XX+YY
# Igualamos las proyecciones del raster y de la de los puntos a extraer
raster::projection(long_lat) <- raster::projection(raster_pp)
# Extraemos los valores
points_long_lat <- raster::extract(raster_pp[[1]], long_lat, cellnumbers = T)[,1]
#La transpuesta linea horizontal a vertical
data_long_lat <- t(raster_pp[points_long_lat])
#Asignarle nombres a las columnas
colnames(data_long_lat) <- as.character(long_lat$NN)
# Guardamos los datos como "data_long_lat.csv" Ud puede cambiar el nombre
# Las filas son los datos mensuales en este caso y las columnas son columnas son los
puntos los puntos seleccionad seleccionados
# Ojo que el orden esta de # Ojo que el orden esta de acuerdo al archivo long_ acuerdo al
archivo long_lat.csv, de la lat.csv, de la columna NN
write.csv(data_long_lat, "Zapatilla.csv", quote = F)

##Extracción de la precipitación media del Pisco
setwd("D:/Datos Pisco/piscop_h")
#install.packages("raster")
#install.packages("ncdf4")
#install.packages("rgdal")
library(ncdf4)
library(raster)
library(rgdal)
pisco.precip<-brick("Piscop_operativo.nc")
library(rgdal)
cuenca<-readOGR(dsn=".", layer="Zapatilla_geo")
plot (cuenca)
prec.cuenca.men<-extract(pisco.precip,cuenca,fun=mean)
write.csv(t(prec.cuenca.men), 'Zapatilla.csv')
```

ANEXO 9: Código Script para obtener la reducción de escala y corrección de sesgo

PROCEDIMIENTO, CODIGOS DE ENTRADA

```
INSTALAR Y CARGAR PAQUETES Y LIBRERIAS NECESARIOS
#Autor example made by Adrian Huerta (adrhuerta@gmail.com //
https://github.com/adrhuerta)

#install.packages(c('qmap','zoo','latticeExtra'))
library(qmap) #quantile mapping algorithm
library(zoo) #time series functions
library(latticeExtra) #plotting
rm(list = ls())
#INGRESANDO LOS GCM SELECCIONADOS DEL ESCENARIO SSP585
files<- list.files(path
="D:/CMIP6_PP/SSP585/Modelos_Csv",pattern='*.csv',full.names=FALSE)
#reading Pisco
Pisco<-read.csv("D:/PISCO_DATA/Pp_Zapatilla.csv")#archivo
pr<-matrix(nrow = 1440,ncol = 1)# colocar nro cuencas+1
colnames(pr)<-c(colnames(Pisco))
for(j in seq_along(files)) {
setwd('D:/CMIP6_PP/SSP585/Modelos_Csv')#Ubicación de la carpeta .csv
namefile<- tools::file_path_sans_ext(files[j])
print(namefile)
gcm<- read.csv(paste(namefile, 'csv', sep="."))
for(k in 2:1) {# colocar nro cuencas+1

#reading info
nombre_cuenca<-colnames(Pisco)[k]
titulo<-paste0("OBS vs GCM(",namefile,")", " - Cuenca:",nombre_cuenca)
obs_d1 <- data.frame(date = c(Pisco[1:408,1]), pp=as.numeric(c(Pisco[1:408,k])))
gcm_d1<- data.frame(date = c(gcm[,1]), pp=as.numeric(c(gcm[,k])))
obs_d<-read.zoo(PISCO_1981_2022, format = "%Y-%m-%d")
gcm_d<-read.zoo(GCM_2100, format = "%Y-%m-%d")
gcm_d_obs_time <- window(gcm_d, end = "2022-12-01")
data_at <- cbind(obs_d,gcm_d)
data_wt <- cbind(obs_d,gcm_d_obs_time)

#GRAFICO DE LA SERIE DE TIEMPO
plot(data_at,
plot(data_wt,
plot.type = "single", col = c(1, 2), lwd = 1,
main = c(OBS vs GCM), ylab = "pp (mm/mes)")

plot(data_wt[months(time(data_wt)) %in% c("December","January","February")],
plot.type = "single", col = c(1, 2), lwd = 1,type='p',
main = c(OBS vs GCM), ylab = "pp (mm/mes)")
```



CODIGOS SCRIPT UTILIZADOS EN “RSTUDIO”

```
#Graficando scatterplot
plot(gcm_d_obs_time~obs_d ,coredata(data_wt))
plot(gcm_d_obs_time~obs_d ,coredata(data_wt[ months(time(data_wt)) %in%
c("December","January","February") ]))
#ecdf plot
ecdfplot(~ obs_d + gcm_d_obs_time, data = data.frame(data_wt),
lwd = 3, col = c(1, 2))
ecdfplot(~ obs_d + gcm_d_obs_time, data = data.frame(data_wt[months(time(data_wt)) %in%
c("December","January","February ")]),lwd = 3, col = c(1, 2))

### MAPEO EMPÍRICO DE CUANTILES ESTACIONALES###
data_wt$gcm_downscaled <- data_wt$gcm_d_obs_time
seasons_by_year <- list(c("December","January","February "),
c("March","April","May"),
c("June","July","August"),
c("September","October","November"))
seasonal_qm_fit_model <- list()

##Función quantil mapping 0.1 es a corrección, es línea
for(i in 1:4) {
  obs_sl <- data_wt[months(time(data_wt)) %in% seasons_by_year[[i]]]$obs_d
  mod_sl <- data_wt[months(time(data_wt)) %in% seasons_by_year[[i]]]$gcm_d_obs_time

#MODEL, read!: L. Gudmundsson et al. (2012)
qm_fit <- fitQmapQUANT(obs = coredata(obs_sl), coredata(mod_sl),
qstep = 0.01, nboot = 1, wet.day = T, type="linear")
mod_sl_qmapped <- doQmapQUANT(coredata(mod_sl), qm_fit, type = "linear")
data_wt$gcm_downscaled[ months(time(data_wt)) %in% seasons_by_year[[i]] ] <-
mod_sl_qmapped seasonal_qm_fit_model[[i]] <- qm_fit

#GRAFICANDO
plot(data_wt,
plot.type = "single", col = c(1, 2, 3), lwd = 2,
main = c("OBS vs GCM vs GCM downscaled"), ylab = "pp (mm/mes)")

plot(data_wt[months(time(data_wt)) %in% c("December","January","February")],
plot.type = "single", col = c(1, 2, 3), lwd = 2, type = "p", main = c("OBS vs GCM vs GCM
downscaled"), ylab = "pp (mm/mes)")

plot(gcm_downscaled~obs_d ,coredata(data_wt))
plot(gcm_downscaled~obs_d ,coredata(data_wt[ months(time(data_wt)) %in%
c("December","January","February") ]))

ecdfplot(~ obs_d + gcm_d_obs_time + gcm_downscaled, data = data.frame(data_wt),
lwd = 3, col = c(1, 2, 3))
ecdfplot(~ obs_d + gcm_d_obs_time + gcm_downscaled, data =
data.frame(data_wt[months(time(data_wt)) %in%
c("December","January","February")]),
lwd = 3, col = c(1, 2, 3))
```



CODIGOS SCRIPT INGRESADOS EN “RSTUDIO”

```
#ecdfplot(~ obs_d + gcm_downscaled, data = data.frame(data_wt),
#lwd = 3, col = c(1, 2, 3))

#INTERPOLACION DE LA INFORMACIÓN
#calibration performance? : cross validation, LOOCV ?
##### future data ?
### applying seasonal qm_fit (the simplest option)
data_at$GCM_downscaled <- data_at$gcm_d
for(i in 1:4)
mod_sl <- data_at[months(time(data_at)) %in% seasons_by_year[[i]]]$gcm_d
mod_sl_qmapped <- doQmapQUANT(coredata(mod_sl), seasonal_qm_fit_model[[i]], type =
"linear")
data_at$GCM_downscaled[ months(time(data_at)) %in% seasons_by_year[[i]] ] <-
mod_sl_qmapped

plot(data_at,plot.type = "single", col = c(1, 2, 3), lwd = c(1,2,1), type = c("l","l","l"),
main = 1981_2100, ylab = "pp (12/28)")
plot(data_at[,-2], plot.type = "single", col = c(1, 2), lwd = c(4,2),
main = titulo, ylab = "pp (mm/mes)")

# Extraer datos
pr[,k] <- data_at[,3]
#annual totals comparison
data_at_df <- transform(data.frame(data_at), year = substr(time(data_at), 1, 4))
modeldata <- as.numeric(by(data_at_df, data_at_df$year, function(z) {
sum(z$GCM_downscaled) }))
modeldata_raw <- as.numeric(by(data_at_df, data_at_df$year, function(z) {
sum(z$gcm_d) }))
obsdata <- as.numeric(by(data_at_df, data_at_df$year, function(z) {
sum(z$obs_d) }))
plot(1981:2100, modeldata, type = "l", lwd = 5, ylim = c(500, 4500), col = "red",main = titulo)
points(1981:2100, obsdata, type = "l", lwd = 5)
points(1981:2100, modeldata_raw, type = "l", lwd = 5, col = "blue")
setwd('D:/CMIP6_PP/SSP585/Resultados/Percentiles')#Carpeta donde se guarda los Downscaling
pr[,1]<-c(gcm[,1])

#Guardando datos ajustados para los GCM
Write.zoo(data_c[,3], fyle= "GCM_downscaled_1981_2100_MRI-ESM2-0.csv", sep=",")
Print("Realizado por Fredy Alanoca Mamani")
```



ANEXO 10: Información descargada de precipitación del producto grillado PISCO.

Precipitación Total Mensual (mm) - Producto Pisco													
Estación Ilave													
Región: Puno		Provincia: El Collao						Distrito: Ilave					
Latitud: 16°05'17.7"		Longitud: 69°38'42"						Altitud: 3880 msm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	214,6	187,1	126,4	72,8	5,4	0,2	0,4	29,8	28,6	54,7	36,1	96,0	852,2
1982	215,8	70,6	102,6	56,3	2,2	1,0	1,3	7,4	59,7	61,1	71,0	31,9	681,0
1983	68,1	64,3	41,3	39,5	13,8	2,1	1,6	4,5	29,8	22,5	15,7	89,9	393,0
1984	295,4	240,7	168,0	37,3	18,7	10,3	3,5	26,2	1,8	57,7	95,4	104,7	1059,6
1985	126,5	199,8	121,8	106,6	23,3	17,6	0,6	10,7	71,8	26,7	122,8	142,1	970,3
1986	161,2	246,6	184,8	107,9	6,3	0,1	5,1	8,0	23,9	20,6	43,1	133,4	940,7
1987	213,4	70,6	66,3	30,4	2,0	5,6	24,1	4,9	17,0	45,0	88,6	24,4	592,3
1988	166,7	58,5	179,4	110,8	16,7	0,4	1,7	0,1	18,4	41,2	11,2	81,6	686,8
1989	188,7	119,9	139,5	82,8	1,9	3,1	6,5	13,3	24,9	15,8	23,0	51,1	670,5
1990	144,0	41,0	55,0	48,9	20,3	44,0	0,1	19,0	9,8	69,4	91,9	125,2	668,7
1991	87,9	81,0	118,8	50,9	16,1	30,3	5,1	4,0	13,9	41,8	23,5	63,8	537,0
1992	135,2	92,4	35,9	12,2	0,0	2,7	2,3	54,0	2,3	36,3	51,8	66,5	491,6
1993	192,7	46,5	122,2	45,1	3,2	1,2	0,1	39,8	22,0	34,6	73,4	87,7	668,7
1994	128,9	122,4	94,9	62,7	15,0	0,4	0,1	0,3	4,6	15,9	44,0	121,4	610,5
1995	115,4	85,5	132,2	12,5	5,8	0,0	0,6	4,4	10,0	11,3	48,4	112,9	539,1
1996	221,3	150,7	37,9	32,7	2,1	0,1	8,6	22,6	10,3	10,2	80,2	88,5	665,1
1997	246,0	189,4	117,4	60,3	2,9	0,0	0,1	55,1	82,5	28,5	89,3	52,3	923,9
1998	98,2	103,5	63,3	54,9	0,1	10,1	0,1	0,6	3,8	43,0	50,0	37,7	465,1
1999	110,0	150,3	221,2	91,2	14,1	0,6	1,5	3,8	23,9	116,1	17,6	57,0	807,4
2000	254,2	159,4	136,4	13,2	6,7	2,8	1,4	11,6	3,7	61,8	5,5	105,9	762,8
2001	275,6	231,3	156,9	49,6	6,4	0,5	13,4	24,7	15,3	60,6	33,8	100,6	968,6
2002	110,6	209,2	212,0	148,7	21,8	11,6	40,5	14,8	11,6	70,1	76,5	104,2	1031,5
2003	164,5	90,2	164,9	17,0	23,2	0,9	0,6	8,6	45,6	16,9	18,2	94,5	645,1
2004	254,3	127,9	55,2	24,0	5,8	1,5	22,6	43,1	17,6	2,9	24,4	70,6	649,9
2005	124,6	144,6	76,3	26,1	1,2	0,0	0,1	0,1	25,0	58,8	55,9	92,5	605,2
2006	319,7	82,2	145,0	33,1	3,7	2,3	0,1	7,2	24,7	26,7	92,0	81,1	817,7
2007	89,9	69,9	210,5	69,0	3,4	1,4	6,7	6,1	46,3	30,8	39,8	92,6	666,4
2008	234,5	99,3	68,3	12,6	2,7	1,6	4,7	2,7	1,4	54,0	2,6	135,7	619,9
2009	108,2	131,1	85,1	55,6	0,3	0,0	7,0	0,0	32,2	26,3	137,9	69,6	653,4
2010	203,1	133,8	64,5	39,8	30,4	0,1	0,1	7,4	1,9	42,1	5,9	126,9	655,8
2011	124,1	235,9	150,0	6,9	6,6	0,0	10,2	0,0	28,8	22,3	21,3	144,3	750,4
2012	128,4	244,1	170,6	50,4	0,2	1,1	0,0	5,3	12,7	11,3	27,3	217,8	869,2
2013	145,7	148,7	124,4	36,2	28,8	14,3	7,5	8,8	20,1	48,3	28,7	165,5	777,2
2014	203,3	76,1	45,4	23,5	0,4	0,1	4,3	32,7	29,8	38,4	16,3	88,9	559,2
2015	133,8	135,5	171,5	132,3	8,3	0,2	6,7	10,3	33,7	38,1	19,1	56,3	745,7
2016	93,8	168,4	4,4	75,3	2,6	2,2	10,1	4,0	17,6	37,9	13,7	87,8	518,0
2017	231,7	115,7	113,5	36,7	53,6	0,1	10,5	0,0	49,1	37,0	27,5	89,2	764,7
2018	139,7	147,6	126,2	42,4	10,0	23,0	37,1	5,5	2,7	77,8	21,2	66,7	699,8
2019	134,2	120,4	50,1	55,3	12,6	2,6	13,8	0,0	32,7	54,9	81,9	84,8	643,4
2020	110,3	116,5	70,5	25,7	34,8	0,1	0,1	0,1	40,6	56,6	21,4	184,7	661,5
2021	167,9	71,7	139,8	48,6	23,9	0,1	0,7	9,3	35,9	41,4	44,6	193,2	777,2
2022	188,7	114,2	98,1	37,5	0,2	0,1	0,2	2,5	7,6	0,9	3,3	42,7	496,0
Prom	168,4	130,8	113,5	51,8	10,9	4,7	6,2	12,2	23,7	39,7	45,1	96,8	703,9
Desvest	61,8	57,6	53,6	32,9	11,7	9,1	9,4	14,6	18,8	22,6	34,1	42,7	155,3
Máx	319,7	246,6	221,2	148,7	53,6	44,0	40,5	55,1	82,5	116,1	137,9	217,8	1059,6
Mín	68,1	41,0	4,4	6,9	0,0	0,0	0,1	0,0	1,4	0,9	2,6	24,5	393,0



Precipitación Total Mensual (mm) - Producto Pisco													
Estación Juli													
Región: Puno				Provincia: Chucuito				Distrito: Juli					
Latitud: 16°12'13.60"				Longitud: 69°27'35.70"				Altitud: 3812 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1981	242,5	225,2	140,5	88,3	4,7	0,6	0,3	30,4	34,1	58,3	43,4	134,8	1003,1
1982	288,0	84,9	109,9	69,3	1,4	2,0	1,4	6,8	71,6	72,3	81,7	35,1	824,3
1983	51,7	92,4	65,2	58,8	11,2	3,9	2,5	7,1	32,2	19,2	18,5	127,3	490,0
1984	360,0	332,1	246,7	37,6	13,3	17,8	2,2	19,2	1,5	75,2	98,3	103,1	1307,0
1985	144,8	298,1	155,0	95,5	28,4	28,7	0,3	21,5	81,5	14,5	148,1	154,7	1171,0
1986	147,7	243,4	198,7	106,8	4,1	0,5	4,3	7,2	18,1	24,6	39,9	146,6	941,7
1987	294,5	70,4	72,5	33,2	1,5	9,5	23,9	2,7	17,5	63,0	124,0	32,0	744,6
1988	211,6	70,7	220,8	119,8	8,6	1,1	1,5	0,2	18,4	47,2	22,5	99,0	821,5
1989	175,4	165,0	190,4	96,3	1,3	5,4	7,7	15,2	17,0	19,0	32,5	53,7	779,0
1990	168,3	59,2	58,5	47,3	12,0	58,5	0,2	22,1	15,0	68,4	77,7	163,3	750,7
1991	129,0	96,3	140,6	54,9	8,5	39,0	3,6	0,9	10,9	42,7	30,8	66,6	623,8
1992	167,4	132,6	39,0	11,8	0,0	4,8	3,5	43,9	0,7	29,6	66,2	77,4	576,9
1993	224,5	57,0	141,7	32,6	2,2	3,4	0,3	40,8	21,8	30,9	86,6	76,1	717,9
1994	181,5	152,3	117,4	52,3	9,3	1,0	0,3	1,0	6,2	12,9	59,0	150,6	743,9
1995	129,7	97,8	141,5	19,2	5,0	0,3	1,1	6,2	16,7	14,1	70,3	113,2	615,1
1996	188,4	118,6	36,1	34,7	2,3	0,4	6,8	33,2	6,5	17,9	79,3	93,9	618,2
1997	229,5	215,1	149,2	58,3	2,3	0,3	0,2	67,6	74,6	29,3	88,2	57,5	972,2
1998	132,3	82,1	146,4	57,6	0,0	16,5	0,2	0,4	10,1	58,4	64,0	43,2	611,2
1999	168,2	272,1	309,8	71,9	16,6	2,3	2,4	2,1	44,6	115,7	13,9	77,2	1096,9
2000	258,4	225,7	133,1	15,3	6,4	5,7	0,9	14,7	1,8	68,1	7,6	116,2	854,0
2001	343,4	251,9	233,7	53,5	7,1	0,9	11,8	27,8	16,2	55,3	16,8	99,3	1117,8
2002	131,4	216,6	235,5	113,0	10,3	14,7	42,5	11,7	5,1	52,3	46,3	102,8	982,4
2003	200,1	141,7	272,3	33,8	16,6	0,4	0,5	11,4	39,7	18,7	25,3	88,3	848,9
2004	277,8	123,2	71,6	42,3	3,8	2,6	33,5	55,6	19,6	2,1	22,5	103,4	757,9
2005	132,1	180,7	81,7	29,5	1,1	0,2	0,1	0,7	26,8	55,6	54,3	154,0	717,0
2006	361,1	111,2	169,9	43,9	2,8	4,2	0,2	3,6	16,7	39,6	108,8	93,0	955,0
2007	83,8	117,8	249,2	90,1	7,2	1,3	7,6	5,0	32,1	31,8	39,3	115,0	780,2
2008	279,5	109,0	89,3	23,6	0,9	2,6	1,5	1,6	1,0	42,2	2,7	158,1	712,1
2009	155,6	195,5	165,7	68,5	0,5	0,3	6,7	0,1	38,9	27,3	118,7	102,2	880,0
2010	232,4	196,1	85,8	27,8	34,4	0,5	0,2	6,4	2,2	55,5	13,0	115,7	770,1
2011	217,3	275,9	199,7	7,6	5,9	0,2	11,6	0,1	39,7	20,0	20,9	247,7	1046,7
2012	202,8	310,1	232,0	77,8	0,2	1,6	0,3	2,3	5,4	19,3	37,0	215,6	1104,4
2013	140,9	184,9	141,7	28,2	26,1	39,4	7,9	12,3	19,6	64,7	48,3	164,6	878,6
2014	252,1	100,5	72,0	34,4	0,5	0,3	2,1	38,2	33,3	45,0	30,9	86,5	695,8
2015	186,5	164,4	218,9	148,0	1,0	0,8	14,3	16,2	33,5	32,2	22,7	63,4	901,9
2016	104,0	245,4	8,4	84,9	2,3	5,0	10,5	5,0	18,4	44,3	11,5	86,5	626,2
2017	310,5	188,2	183,1	42,1	32,2	0,3	8,4	0,2	52,7	45,4	43,1	107,6	1013,6
2018	225,4	225,7	160,7	33,9	4,6	30,8	40,7	5,6	5,8	94,5	15,7	84,2	927,7
2019	267,6	185,7	91,4	68,6	11,6	4,9	17,0	0,2	42,5	70,2	113,6	90,3	963,7
2020	132,8	172,2	132,9	19,6	22,9	0,4	0,3	0,1	38,9	70,0	10,8	175,7	776,5
2021	189,9	91,2	199,7	44,5	15,8	0,3	0,8	10,9	30,5	38,6	64,5	206,6	893,2
2022	238,6	149,0	134,3	51,5	0,2	0,6	0,3	3,2	11,2	1,2	5,5	59,7	655,2
Prom	203,8	167,3	148,6	55,5	8,3	7,5	6,7	13,4	24,5	43,0	50,6	110,5	839,7
Desvest	73,1	73,7	69,9	31,9	9,1	13,1	10,5	16,3	20,0	24,8	37,1	48,2	179,6
Máx	361,1	332,1	309,8	148,0	34,4	58,5	42,6	67,6	81,5	115,7	148,1	247,7	1307,0
Mín	51,7	57,0	8,4	7,6	0,0	0,2	0,2	0,1	0,7	1,2	2,7	32,0	490,0



Precipitación Total Mensual (mm) - Producto Pisco													
Estación Chilligua													
Región: Puno				Provincia: El Collaco				Distrito: Juli					
Latitud: 16°32'25.40"				Longitud: 69°40'11.50"				Altitud: 4100 msnm.					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
1981	149,8	128,9	90,8	94,8	1,6	0,5	0,6	12,9	45,5	41,8	68,2	81,3	716,8
1982	180,8	44,2	59,0	97,3	0,7	1,7	1,0	2,7	76,2	80,3	138,5	22,0	704,6
1983	37,7	43,1	33,3	47,3	4,2	2,8	1,7	2,9	33,3	10,9	23,0	78,5	318,6
1984	222,6	192,9	145,2	40,3	6,8	11,4	1,5	5,8	3,0	107,3	202,2	77,1	1016,1
1985	94,5	184,1	103,0	139,0	13,7	17,3	0,6	8,8	88,5	13,1	277,6	133,3	1073,4
1986	129,2	146,9	151,0	131,7	2,9	0,7	4,2	5,6	18,7	15,9	80,6	126,1	813,5
1987	162,4	42,3	42,7	29,7	1,3	6,3	24,9	1,3	17,0	62,6	148,1	16,5	555,1
1988	141,7	39,3	143,4	133,6	5,6	1,0	1,5	0,0	17,5	28,4	22,4	71,4	605,9
1989	127,2	96,1	110,0	107,9	1,3	3,4	6,6	4,4	16,4	11,7	44,6	29,2	558,8
1990	96,1	24,5	36,5	51,1	9,2	38,1	0,3	10,0	12,5	55,4	145,6	93,3	572,6
1991	85,5	57,8	94,2	54,6	4,9	31,6	2,5	0,4	11,3	37,0	56,2	38,6	474,7
1992	102,4	69,1	17,0	25,4	0,0	3,4	3,8	18,3	2,4	30,4	80,4	61,8	414,5
1993	148,3	26,2	96,1	49,7	2,4	2,4	0,4	27,3	18,3	45,5	132,3	73,9	622,6
1994	112,7	102,0	72,2	84,3	5,3	1,4	0,7	0,2	9,0	14,1	109,8	95,1	606,7
1995	80,7	65,8	107,8	24,8	2,3	0,5	0,8	1,2	15,9	8,0	89,9	85,6	483,3
1996	159,4	72,3	34,2	54,8	3,6	0,6	2,5	14,6	7,5	11,7	150,5	70,9	582,6
1997	141,0	135,9	92,6	38,0	3,2	0,5	0,3	31,9	88,7	17,0	194,1	56,3	799,2
1998	97,0	57,4	113,5	45,9	0,0	18,5	0,2	0,0	7,4	41,0	92,0	28,2	501,3
1999	119,0	129,0	207,3	124,4	5,8	1,3	1,3	0,7	31,2	121,0	8,3	47,4	796,8
2000	170,5	129,8	89,9	27,4	3,9	3,1	0,8	3,2	10,2	73,4	13,2	84,6	609,9
2001	231,4	144,8	117,0	75,8	4,1	1,2	4,3	9,1	13,1	53,8	42,4	47,5	744,5
2002	65,8	145,5	159,9	156,4	9,7	7,4	28,8	4,2	8,2	73,4	107,2	79,0	845,5
2003	117,4	79,7	125,5	26,3	10,3	0,4	1,2	6,2	32,3	13,9	40,3	71,9	525,3
2004	165,8	95,1	58,1	39,6	1,7	1,8	28,3	33,7	24,8	1,7	20,6	59,0	530,3
2005	83,1	131,9	50,3	47,8	0,5	0,2	0,3	0,0	41,4	39,2	89,8	114,9	599,2
2006	250,5	76,1	95,2	52,7	2,9	2,8	0,3	1,5	22,9	59,9	168,9	73,7	807,5
2007	72,1	68,3	148,7	85,7	6,7	1,1	3,6	1,1	40,5	23,9	92,6	76,1	620,4
2008	195,3	64,3	65,7	12,7	0,4	1,4	1,2	2,3	2,1	33,9	12,4	118,1	509,8
2009	84,1	106,4	80,3	75,3	2,5	0,3	6,6	0,0	28,6	23,8	192,2	51,2	651,2
2010	131,8	86,4	50,7	60,8	18,6	0,5	0,3	1,5	4,6	37,4	17,5	81,6	491,7
2011	135,4	156,7	77,3	31,9	4,7	0,2	7,5	0,0	30,8	10,8	68,6	152,3	676,2
2012	145,7	167,6	110,2	107,0	0,4	0,9	0,6	1,8	9,5	23,8	64,3	149,2	781,1
2013	122,8	106,3	75,6	12,1	15,7	23,3	5,8	6,6	7,3	45,3	68,3	130,3	619,5
2014	151,5	46,1	43,7	50,1	0,8	0,3	1,8	13,3	22,3	44,8	43,7	38,1	456,5
2015	124,3	89,3	127,1	197,7	1,7	0,6	7,9	7,1	28,1	37,1	47,7	33,3	701,8
2016	54,3	126,3	14,4	103,7	0,8	5,8	8,7	1,0	10,0	29,7	22,1	60,3	437,0
2017	178,4	87,1	106,1	36,3	16,7	0,4	5,9	0,0	60,5	36,2	61,5	59,2	648,2
2018	134,0	117,9	79,8	70,3	3,2	28,3	43,5	0,8	5,3	90,0	44,0	49,3	666,2
2019	136,6	109,6	59,8	62,4	8,5	4,0	10,6	0,0	68,3	56,8	210,6	72,5	799,7
2020	86,6	121,2	71,5	19,6	17,7	0,4	0,3	0,0	54,1	86,2	17,9	131,5	606,9
2021	129,5	46,7	190,5	34,5	7,8	0,6	0,6	2,9	47,0	34,9	93,2	139,1	727,5
2022	142,6	101,7	74,7	51,6	0,2	0,4	0,4	0,4	7,1	3,3	16,2	72,2	470,9
Prom	130,9	96,7	91,0	67,0	5,1	5,5	5,4	5,9	26,2	40,2	86,2	76,9	636,8
Desvest	46,0	43,2	44,2	42,5	5,1	9,3	9,2	8,4	23,1	28,3	65,2	35,3	154,7
Máx	250,6	192,9	207,3	197,7	18,6	38,1	43,5	33,7	88,7	121,0	277,6	152,3	1073,4
Mín	37,7	24,5	14,4	12,1	0,0	0,2	0,2	0,0	2,1	1,7	8,3	16,5	318,7

ANEXO 11: Matriz de consistencia

Matriz de consistencia
VARIACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL POR EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RIO ZAPATILLA DEL DEPARTAMENTO PUNO

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	Metodología
General	General	Hipótesis Alterna	Independiente	Comportamientos climáticos	Precipitación	mm	
¿Cuánto es la variación de la oferta hídrica superficial por efectos del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla?	Evaluar la variación de la oferta hídrica superficial por efectos del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla.	La oferta hídrica es superior bajo las condiciones del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla.	Variación de la oferta hídrica	Variación hídrica	Del año 2023 – 2050 y 2052 – 2100	%	Enfoque Cuantitativo
Específicas	Específicas	Hipótesis Nula	Dependiente		Año 2007	-	Tipo de investigación Aplicativo
¿Cuáles son los análisis y resultados de calibración del modelo hidrológico GR2M en la cuenca del río Zapatilla?	Realizar la calibración, del modelo hidrológico agregado GR2M para la determinación de los caudales en la cuenca del río Zapatilla	La oferta hídrica no es superior bajo las condiciones del cambio climático en la cuenca del río Zapatilla			Año 2003	-	
					Año 2006	-	Diseño de investigación No Experimental
				Periodo de calibración hidrológico	Año 2012	-	
			Calibración del modelo hidrológico		Año 2015	-	Nivel Explicativo
					Año 2018	-	
					Año 2021	-	
					Año 2022	-	
¿Cuánto es la oferta hídrica superficial bajo el escenario climático SSP5 8.5 proyectado al año 2023 – 2050 y 2051 – 2100?	Analizar la variación de la oferta hídrica superficial en la cuenca del río Zapatilla bajo el escenario climático SSP5 8.5 proyectado al año 2023 - 2050 y 2051 - 2100.			Indicador estadístico	Modelación en GR2M		

ANEXO 12: Principales tributos de la cuenca del río Zapatilla







ANEXO 13: Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Fredy Alanoca Mamani
identificado con DNI 45280121 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agrícola

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" VARIACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL
POR EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA
DEL RÍO ZAPATILLA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 23 de mayo del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 14: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Fredy Alanoca Mamani,
identificado con DNI 45280121 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agrícola

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ VARIACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL POR EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RIO ZAPATILLA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 23 de mayo del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella