

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CAUDALES DE LA
CUENCA ALTA DEL RÍO APURÍMAC HASTA LA ESTACIÓN LA
ANGOSTURA, REGIÓN DE AREQUIPA, 2024**

PRESENTADA POR:

Br. MARISOL KANA CARLOS

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

ASESOR:

M.Sc. Ing. SANDRO VIRGILIO GUTIERREZ
SAMANEZ

CUSCO - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** M.Sc. Ing. SANDRO VIRGILIO GUTIERREZ SAMANEZ
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS
..... CAUDALES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO APURÍMAC HASTA LA ESTACIÓN LA
..... ANGOSTURA, REGIÓN DE AREQUIPA, 2024

Presentado por: MARISOL KANA CARLOS DNI N° 74089637;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 06%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 15 de ENERO de 2026


Firma

Post firma..... M.Sc. Ing. SANDRO VIRGILIO GUTIERREZ SAMANEZ

Nro. de DNI..... 23906692

ORCID del Asesor..... 0000-0002-5014-9474

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:546459573

Marisol Kana Carlos

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CAUDALES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO APURÍMAC HASTA LA ESTACIÓN L...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:546459573

Fecha de entrega

15 ene 2026, 11:39 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

15 ene 2026, 12:01 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CAUDALES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO APURÍMA....docx

Tamaño del archivo

44.6 MB

330 páginas

74.547 palabras

381.799 caracteres




6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
310 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

“A Dios por darme la fuerza necesaria para continuar y alcanzar mis objetivos. A mis padres, Genara y Pablo, por su apoyo constante y ser un pilar fundamental a lo largo de todo mi camino personal y profesional. A mis hermanos Roshill y Roler, por su respaldo y el ánimo permanente. A mis tíos y tías, por su alegría y acompañamiento. A mis amigos de la universidad, por su apoyo incondicional durante este proceso. A los ingenieros que conocí, por su orientación, apoyo y palabras de aliento brindadas. A la Universidad San Antonio Abad del Cusco, a la facultad de Ingeniería civil y sus docentes, por la enseñanza y conocimientos transmitidos en mi formación profesional. A todos ustedes, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento”.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de la presente tesis.

Agradezco a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a los docentes de la Facultad de ingeniería Civil, por la formación brindada y la transmisión de conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

A mi asesor de tesis M.Sc. Ing. Sandro Virgilio Gutiérrez Samanez, por su constante apoyo, orientación, paciencia y compromiso durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A los docentes dictaminadores al Dr. Ing. Edwin Astete Samanéz y al Ing. Carlos Hugo Loaiza Schiaffino por su apoyo y orientación del presente estudio y a los replicantes, al Dr. Ing. Orlando Barreto Jara y al Mgt. Ing. Zandro Peñalva Gallegos por su acompañamiento en la etapa final de este proceso.

Agradezco al Ing. Carlos Glicerio Huacac Caballero por su apoyo, orientación y enseñanza; asimismo, al Ing. Marcelo Villavicencio Bueno y a la Ing. María Teresa Paucar Ordoñez, quienes me apoyaron y acompañaron durante el desarrollo de este presente trabajo de investigación.

Finalmente, a mi familia, por el apoyo incondicional, la comprensión y el acompañamiento brindados a lo largo de este proceso.

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	5
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.3.1 JUSTIFICACION TEORICA.....	5
1.3.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	5
1.3.3 JUSTIFICACION SOCIAL.....	6
1.3.4 JUSTIFICACION ECONÓMICA.....	6
1.3.5 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	6
1.3.6 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD.....	6
1.3.7 JUSTIFICACION POR RELEVANCIA.....	7
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5 LIMITACIONES EN LA INVESTIGACIÓN	7
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS	8
2.1.1 ANTECEDENTES NACIONALES	8
2.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	11
2.2 BASES TEÓRICAS	14
2.2.1 HIDROLOGÍA	14
2.2.2 CUENCA HIDROLÓGICA.....	14
2.2.3 SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER	15
2.2.4 CICLO HIDROLÓGICO	17

2.2.5	VARIABLES CLIMÁTICAS	19
2.2.6	VARIABLES HIDROLÓGICAS.....	22
2.2.7	INFORMACIÓN ESPACIAL DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA.....	24
2.2.8	MODELO HIDROLÓGICO	25
2.2.9	MODELO HIDROLÓGICO SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL	27
2.2.10	CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....	30
2.2.11	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
2.3	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	40
2.3.1	HIPÓTESIS GENERAL:.....	40
2.3.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:	40
2.4	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	40
2.4.1	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	41
2.5	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	42
2.5.1	PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA.....	42
CAPITULO 3: METODOLOGÍA.....		58
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	58
3.1.1	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	58
3.1.2	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	58
3.1.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	59
3.2	UNIDAD DE ANÁLISIS	59
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	59
3.3.1	POBLACION DEL ESTUDIO	59
3.3.2	MUESTRA DEL ESTUDIO	59
3.4	TIPO DE MUESTREO.....	60
3.5	DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	60
3.5.1	DELIMITACIÓN ESPACIAL	60
3.5.2	DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	67
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	67
3.6.1	INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.....	67
3.6.2	INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.....	68
3.6.3	INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	68
3.6.4	INFORMACIÓN DE MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL.....	70
3.6.5	SOFTWARE UTILIZADOS.....	70

3.7	METODOLOGÍA DE ESTUDIO	72
3.7.1	METODOLOGÍA PARA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.....	72
3.7.2	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	72
3.7.3	METODOLOGÍA PARA EL MODELAMIENTO HIDROLÓGICO SWAT	77
3.7.4	METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE MODELOS DE CIRCULACION GENERAL	79
3.7.5	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE LAS VARIABLES ..	82
3.7.6	SECUENCIA METODOLÓGICA DEL ESTUDIO	82
CAPITULO 4: RESULTADOS		84
4.1	PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	84
4.1.1	GENERALIDADES	84
4.1.2	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE PISCO	84
4.1.3	MODELAMIENTO HIDROLÓGICO SWAT	109
4.1.4	CALIBRACIÓN, VALIDACIÓN Y ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	124
4.1.5	ANÁLISIS DE MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL	133
4.2	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	138
4.2.1	ANÁLISIS DE PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO	138
4.2.2	ANÁLISIS DE VARIACIÓN Y RESPUESTA HIDROLÓGICA.....	141
CAPITULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		164
CONCLUSIONES		167
RECOMENDACIONES		169
BIBLIOGRAFÍA.....		170
ANEXOS.....		176

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 La cuenca como un sistema hidrológico	14
Figura 2 Partes de una cuenca	15
Figura 3 Cuenca, Intercuenca y Cuenca Interna	16
Figura 4 Proceso de codificación por Pfafstetter	17
Figura 5 Ciclo hidrológico.....	18
Figura 6 Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global	19
Figura 7 Red de estaciones utilizada para el Producto PISCO	21
Figura 8 Discretización de modelos hidrológicos	26
Figura 9 Representación esquemática del ciclo hidrológico.....	27
Figura 10 División de la serie de tiempo de calibración, validación y periodos de calentamiento	28
Figura 11 Ejemplo del Diagrama de Taylor	35
Figura 12 Cuencas del río Alto Apurímac y río Hornillos de estudio.....	42
Figura 13 Transformación de una cuenca en un rectángulo	47
Figura 14 Curva hipsométrica de la intercuenca del río Alto Apurímac.....	50
Figura 15 Curva hipsométrica de la cuenca del río Hornillos	51
Figura 16 Perfil longitudinal de cauce del Río Alto Apurímac.....	53
Figura 17 Perfil longitudinal de cauce del río Hornillos	53
Figura 18 Ubicación geográfica y política de la cuenca en estudio.....	61
Figura 19 Ubicación hidrográfica de la cuenca de estudio	62
Figura 20 Clasificación según Pfafstetter - Nivel 7	65
Figura 21 Clasificación según Pfafstetter - Nivel 8	66
Figura 22 DEM de la zona de estudio.....	69
Figura 23 Confluencia de los ríos Apurímac y Hornillos	72
Figura 24 Centroides de los píxeles de la imagen grilla de PISCO-SENAMHI	75
Figura 25 Secuencia del modelamiento hidrológico SWAT.....	78
Figura 26 Interface del nodo de CEDA	80
Figura 27 Secuencia de la corrección de sesgo con CMhyd.....	81
Figura 28 Flujograma de trabajo	83
Figura 29 Correlación de la precipitación para la estación La Angostura	90
Figura 30 Correlación de la precipitación para la estación Caylloma.....	90
Figura 31 Comparación de precipitación observada y producto PISCO – Estación La Angostura.....	91
Figura 32 Comparación de precipitación observada y producto PISCO – Estación Caylloma	91
Figura 33 Evaluación de datos de precipitación mensual multianual - Estación La Angostura	93
Figura 34 Evaluación de datos de precipitación mensual multianual - Estación Caylloma.....	93
Figura 35 Correlación de la temperatura máxima para la estación La Angostura	98
Figura 36 Correlación de la temperatura máxima para la estación Caylloma	98
Figura 37 Comparación de temperatura máxima observada y producto PISCO–Estación La Angostura	99
Figura 38 Comparación de temperatura máxima observada y producto PISCO–Estación Caylloma	99

Figura 39 Evaluación de la temperatura máxima mensual multianual - Estación La Angostura	101
Figura 40 Evaluación de la temperatura máxima mensual multianual - Estación Caylloma	101
Figura 41 Correlación de la temperatura mínima para la estación La Angostura	106
Figura 42 Correlación de la temperatura mínima para la estación Caylloma.....	106
Figura 43 Comparación de temperatura mínima observada y producto PISCO–Estación La Angostura	107
Figura 44 Comparación de temperatura mínima observada y producto PISCO–Estación Caylloma	107
Figura 45 Evaluación de la temperatura mínima mensual multianual - Estación La Angostura	108
Figura 46 Evaluación de la temperatura mínima mensual multianual - Estación Caylloma.....	109
Figura 47 Delimitación de la cuenca	110
Figura 48 Porcentaje de área de la pendiente de la cuenca	112
Figura 49 Cobertura Yaretales.....	114
Figura 50 Cobertura vegetal - Tolares	114
Figura 51 Cobertura vegetal - Vegetación de suelos crioturbados	115
Figura 52 Cobertura vegetal - Queñuales.....	115
Figura 53 Cobertura de suelo - Césped de puna	116
Figura 54 Cobertura de suelo - Pajonal Andino.....	116
Figura 55 Cobertura de suelo - Áreas sin o con poca vegetación.....	117
Figura 56 Cobertura de suelo - Bofedales	117
Figura 57 Cobertura de suelo - Área urbana	118
Figura 58 Cobertura de suelo- Lagos y lagunas.....	118
Figura 59 Cobertura de suelo - Nevados.....	119
Figura 60 Formato de ingreso de información de precipitación para SWAT	121
Figura 61 Formato de ingreso de información de temperatura para SWAT.....	122
Figura 62 Representación gráfica de los caudales observados y primera simulación.....	123
Figura 63 Análisis de sensibilidad con SWAT-CUP	128
Figura 64 Histograma de caudales - Periodo de calibración y validación	132
Figura 65 Comparación de caudales observados, primera simulación y calibrados.....	133
Figura 66 Diagrama de Taylor de los 8 modelos de circulación general para los caudales	138
Figura 67 Precipitación acumulada anual histórica y proyectada-Escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5	139
Figura 68 Temperatura media anual histórica y proyectada - Escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5	140
Figura 69 Caudales medios anuales histórico y proyectado - Escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5	141
Figura 70 Comportamiento de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP2-4.5.....	143
Figura 71 Variación mensual de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP2-4.5.....	143
Figura 72 Variación porcentual de precipitación mensual – Escenario SSP2-4.5	145
Figura 73 Comportamiento de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP5-8.5.....	147
Figura 74 Variación mensual de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP5-8.5.....	147
Figura 75 Variación porcentual de precipitación acumulada mensual – Escenario SSP5-8.5.....	149
Figura 76 Comportamiento de temperatura media mensual - Escenario SSP2-4.5	151
Figura 77 Variación mensual de temperatura media mensual - Escenario SSP2-4.5	151

Figura 78 Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP2-4.5	152
Figura 79 Comportamiento de temperatura media mensual - Escenario SSP5-8.5	154
Figura 80 Variación mensual de temperatura media mensual - Escenario SSP5-8.5	154
Figura 81 Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP5-8.5	156
Figura 82 Comportamiento del caudal medio mensual - Escenario SSP2-4.5	158
Figura 83 Variación del caudal medio mensual - Escenario SSP2-4.5	158
Figura 84 Variación porcentual de caudales medios mensual – Escenario SSP2-4.5	160
Figura 85 Comportamiento del caudal medio mensual - Escenario SSP5-8.5	161
Figura 86 Variación del caudal medio mensual - Escenario SSP5-8.5	162
Figura 87 Variación porcentual de caudales medios mensual – Escenario SSP5-8.5	163

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Condición hidrológica.....	24
Tabla 2 Criterios de evaluación del comportamiento del modelo	30
Tabla 3 Métodos de corrección de sesgo para precipitación y temperatura	34
Tabla 4 Métrica de evaluación para el diagrama de Taylor	36
Tabla 5 Valores críticos d para la prueba de Kolmogorov - Smirnov	38
Tabla 6 Operacionalización de variables	41
Tabla 7 Clasificación de cuencas por su tamaño	43
Tabla 8 Área de las cuencas del rio Alto Apurimac y Hornillos	43
Tabla 9 Perímetro de las cuencas del rio Alto Apurimac y Hornillos	43
Tabla 10 Longitud de las cuencas del rio Alto Apurimac y Hornillos	44
Tabla 11 Ancho de las cuencas del rio Alto Apurimac y Hornillos.....	44
Tabla 12 Formas de la cuenca de acuerdo al coeficiente de compacidad.....	45
Tabla 13 Área de las cuencas del rio Alto Apurimac y Hornillos	45
Tabla 14 Valores interpretativos del factor forma	46
Tabla 15 Valores del factor forma de la cuenca en estudio.....	46
Tabla 16 Valores del rectángulo equivalente de la cuenca en estudio	48
Tabla 17 Pendiente media de la cuenca en estudio	49
Tabla 18 Desnivel altitudinal de la cuenca en estudio	49
Tabla 19 Cálculo de la curva hipsométrica de la intercuenca del Río Alto Apurímac	50
Tabla 20 Cálculo de la curva hipsométrica de la cuenca del Río Hornillos	51
Tabla 21 Elevación media de la cuenca en estudio	52
Tabla 22 Desnivel altitudinal de la cuenca en estudio	52
Tabla 23 Densidad de drenaje de la cuenca en estudio.....	54
Tabla 24 Pendiente media del cauce de la cuenca en estudio	54
Tabla 25 Extensión media de escurrimiento de la cuenca en estudio	55
Tabla 26 Resumen de parámetros morfológicos de la cuenca del río Hornillos	56
Tabla 27 Resumen de parámetros morfológicos de la intercuenca del río Alto Apurímac	57
Tabla 28 Coordenadas UTM y geográficas de la cuenca en estudio	60
Tabla 29 Ubicación política de la cuenca La angostura	60
Tabla 30 Codificación según Pfafstetter - Nivel 1, 2 y 3	63
Tabla 31 Codificación según Pfafstetter - Nivel 4, 5 y 6	64
Tabla 32 Codificación según Pfafstetter - Nivel 7	65
Tabla 33 Codificación según Pfafstetter - Nivel 8.....	66
Tabla 34 Periodo de tiempos para el estudio	67
Tabla 35 Datos meteorológicas para el estudio.....	67
Tabla 36 Coordenadas UTM y geográficas de la cuenca en estudio	68
Tabla 37 Datos para el modelo SWAT	70
Tabla 38 Softwares utilizados en el estudio.....	71
Tabla 39 Ubicación de las estaciones meteorológicas	74

Tabla 40 Ubicación de estaciones ficticias de la cuenca en estudio	76
Tabla 41 Información requerida por el modelo SWAT	77
Tabla 42 Periodo de calibración y validación.....	79
Tabla 43 Información disponible para los modelos de circulación general	79
Tabla 44 Información requerida para corrección de sesgo con CMhyd	81
Tabla 45 Coordenadas de las estaciones para validación	85
Tabla 46 Resultados de la prueba de bondad de ajuste de precipitación – Estación La Angostura ...	85
Tabla 47 Resultados de la prueba de bondad de ajuste de precipitación – Estación Caylloma.....	86
Tabla 48 Prueba K-S para precipitación - Estación La Angostura y Caylloma	88
Tabla 49 Indicadores de confiabilidad de validación de PISCO - Precipitación	89
Tabla 50 Promedio mensual multianual de datos de precipitación	92
Tabla 51 Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura máxima – Estación La Angostura	94
Tabla 52 Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura máxima – Estación Caylloma.....	95
Tabla 53 Prueba K-S para temperatura máxima - Estación La Angostura y Caylloma	96
Tabla 54 Indicadores de confiabilidad de validación de PISCO – Temperatura máxima	97
Tabla 55 Promedio mensual multianual de datos de temperatura máxima	100
Tabla 56 Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura mínima – Estación La Angostura	102
Tabla 57 Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura mínima – Estación Caylloma.....	103
Tabla 58 Prueba K-S para temperatura mínima - Estación La Angostura y Caylloma	104
Tabla 59 Indicadores de confiabilidad de validación de PISCO – Temperatura mínima	105
Tabla 60 Promedio mensual multianual de datos de temperatura mínima	108
Tabla 61 Clases de gradiente de la pendiente	111
Tabla 62 Reclasificación de pendientes de la cuenca La Angostura	111
Tabla 63 Clasificación de pendientes en la cuenca.....	112
Tabla 64 Clasificación General de Tipo de suelo según FAO	113
Tabla 65 Reclasificación de suelos para el modelo SWAT	113
Tabla 66 Clasificación de uso y cobertura de suelos de la cuenca	119
Tabla 67 Clasificación de uso y cobertura de suelo según el código de SWAT	120
Tabla 68 Periodos de simulación de SWAT	123
Tabla 69 Coeficientes estadísticos de la primera simulación	124
Tabla 70 Parámetros seleccionados para el análisis de sensibilidad	125
Tabla 71 Métodos de cambio en parámetros de SWAT-CUP	126
Tabla 72 Análisis de sensibilidad de los parámetros seleccionados	127
Tabla 73 Parámetros seleccionados para calibración	129
Tabla 74 Valores de los parámetros con mejor simulación	129
Tabla 75 Numero de curva Ajustado	130
Tabla 76 Coeficientes estadísticos del modelo calibrado.....	131
Tabla 77 Resumen de los criterios estadísticos del modelo SWAT	131

Tabla 78 Comparación de caudales observados, primera simulación y calibrados	132
Tabla 79 Modelos de Circulación General del CMIP6	134
Tabla 80 Modelo seleccionado para cada variable y estación	136
Tabla 81 Resumen de los modelos climáticos seleccionados para las variables climáticas	137
Tabla 82 Coeficientes estadísticos para los caudales con los 8 modelos climáticos	137
Tabla 83 Precipitación acumulada media mensual para el escenario SSP2-4.5	142
Tabla 84 Porcentaje de variación de precipitación mensual – Escenario SSP2-4.5	144
Tabla 85 Precipitación acumulada media mensual para el escenario SSP5-8.5	146
Tabla 86 Porcentaje de variación de precipitación mensual – Escenario SSP5-8.5	148
Tabla 87 Temperatura media mensual para el escenario SSP2-4.5	150
Tabla 88 Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP2-4.5	152
Tabla 89 Temperatura media mensual para el escenario SSP5-8.5	153
Tabla 90 Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP5-8.5	155
Tabla 91 Caudal medio mensual para el escenario SSP2-4.5	157
Tabla 92 Porcentaje de variación de caudal mensual – Escenario SSP2-4.5	159
Tabla 93 Caudal medio mensual para el escenario SSP5-8.5	161
Tabla 94 Porcentaje de variación de caudal mensual – Escenario SSP8-8.5	163

ANEXOS

ANEXO N° 1 Matriz de consistencia	176
ANEXO N° 2 Resumen de la subcuenca 49999981 de la cuenca del río Hornillos	177
ANEXO N° 3 Resumen de la subcuenca 49999982 de la cuenca del río Hornillos	178
ANEXO N° 4 Resumen de la subcuenca 49999983 de la cuenca del río Hornillos	179
ANEXO N° 5 Resumen de la subcuenca 49999984 de la cuenca del río Hornillos	180
ANEXO N° 6 Resumen de la subcuenca 49999985 de la cuenca del río Hornillos	181
ANEXO N° 7 Resumen de la subcuenca 49999986 de la cuenca del río Hornillos	182
ANEXO N° 8 Resumen de la subcuenca 49999987 de la cuenca del río Hornillos	183
ANEXO N° 9 Resumen de la subcuenca 49999988 de la cuenca del río Hornillos	184
ANEXO N° 10 Resumen de la subcuenca 49999989 de la cuenca del río Hornillos	185
ANEXO N° 11 Resumen de la subcuenca 49999991 de la intercuenca del río Alto Apurímac	186
ANEXO N° 12 Resumen de la subcuenca 49999992 de la intercuenca del río Alto Apurímac	187
ANEXO N° 13 Resumen de la subcuenca 49999993 de la intercuenca del río Alto Apurímac	188
ANEXO N° 14 Resumen de la subcuenca 49999994 de la intercuenca del río Alto Apurímac	189
ANEXO N° 15 Resumen de la subcuenca 49999995 de la intercuenca del río Alto Apurímac	190
ANEXO N° 16 Resumen de la subcuenca 49999996 de la intercuenca del río Alto Apurímac	191
ANEXO N° 17 Resumen de la subcuenca 49999997 de la intercuenca del río Alto Apurímac	192
ANEXO N° 18 Resumen de la subcuenca 49999998 de la intercuenca del río Alto Apurímac	193
ANEXO N° 19 Resumen de la subcuenca 49999999 de la intercuenca del río Alto Apurímac	194
ANEXO N° 20 Mapa de ubicación de estaciones ficticias	195
ANEXO N° 21 Subcuencas de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura	196
ANEXO N° 22 Mapa de pendientes de cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura	197
ANEXO N° 23 Mapa de cobertura de suelo de cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura	198
ANEXO N° 24 Mapa de tipo de suelo de cuenca alta del río Apurímac hasta la estación Angostura	199
ANEXO N° 25 Mapa de HRU de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura ...	200
ANEXO N° 26 Mapa de Número de Curva de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura	201
ANEXO N° 27 Mapa de cobertura de suelos – SINIA	202
ANEXO N° 28 Mapa de suelos de América del Sur – FAO	203
ANEXO N° 29 Caudales medios mensuales de la estación La Angostura	204
ANEXO N° 30 Registro de trámite en AUTODEMA para Información hidrométrica de la estación La Angostura	205
ANEXO N° 31 Trámite para la obtención de información meteorológica de SENAMHI	205
ANEXO N° 32 Información meteorológica de la estación La Angostura proporcionada por SENAMHI	206
ANEXO N° 33 Información meteorológica de la estación La Angostura proporcionada por SENAMHI	207

ANEXO N° 34 Información de precipitación mensual de la Estación La Angostura	208
ANEXO N° 35 Información de precipitación mensual del Producto PISCO - Estación La Angostura	209
ANEXO N° 36 Información de temperatura máxima mensual de la Estación La Angostura.....	210
ANEXO N° 37 Información de temperatura máxima mensual del Producto PISCO - Estación La Angostura	211
ANEXO N° 38 Información de temperatura mínima mensual de la Estación La Angostura	212
ANEXO N° 39 Información de temperatura mínima mensual del Producto PISCO - Estación La Angostura	213
ANEXO N° 40 Información de precipitación mensual de la Estación Caylloma	214
ANEXO N° 41 Información de precipitación mensual del Producto PISCO - Estación Caylloma	214
ANEXO N° 42 Información de temperatura máxima mensual de la Estación Caylloma	215
ANEXO N° 43 Información de temperatura máxima mensual del Producto PISCO - Estación Caylloma	215
ANEXO N° 44 Información de temperatura mínima mensual de la Estación Caylloma	216
ANEXO N° 45 Información de temperatura mínima mensual del Producto PISCO - Estación Caylloma	216
ANEXO N° 46 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Enero, febrero y marzo	217
ANEXO N° 47 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Abril, mayo y junio.....	218
ANEXO N° 48 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Julio, agosto y septiembre	219
ANEXO N° 49 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre	220
ANEXO N° 50 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO - Enero, febrero y marzo	221
ANEXO N° 51 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO – Abril, mayo y junio	222
ANEXO N° 52 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO – Julio, agosto y septiembre.....	223
ANEXO N° 53 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre	224
ANEXO N° 54 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Enero, febrero y marzo	225
ANEXO N° 55 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Abril, mayo y junio	226
ANEXO N° 56 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Julio, agosto y septiembre	227
ANEXO N° 57 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre	228

ANEXO N° 58 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Enero, febrero y marzo	229
ANEXO N° 59 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Abril, mayo y junio	230
ANEXO N° 60 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Julio, agosto y septiembre	231
ANEXO N° 61 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre	232
ANEXO N° 62 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Enero, febrero y marzo	233
ANEXO N° 63 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Abril, mayo y junio	234
ANEXO N° 64 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Julio, agosto y septiembre	235
ANEXO N° 65 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre	236
ANEXO N° 66 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Enero, febrero y marzo	237
ANEXO N° 67 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Abril, mayo y junio	238
ANEXO N° 68 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Julio, agosto y septiembre	239
ANEXO N° 69 Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre	240
ANEXO N° 70 Caudales de la primera simulación	241
ANEXO N° 71 Caudales calibrados y validados del modelo SWAT	242
ANEXO N° 72 Promedio de precipitación acumulada mensual de la cuenca- Periodo histórico	243
ANEXO N° 73 Promedio de temperatura media mensual de la cuenca - Periodo Histórico	244
ANEXO N° 74 Criterios de evaluación de comparación de datos observados con modelo climáticos de precipitación	245
ANEXO N° 75 Criterio de evaluación de comparación de datos observados con modelos climáticos de temperatura máxima	248
ANEXO N° 76 Criterio de evaluación de comparación de datos observados con modelos de climáticos de temperatura mínima	251
ANEXO N° 77 Diagrama de Taylor para la Estación 1 - Precipitación	254
ANEXO N° 78 Diagrama de Taylor para la Estación 2 - Precipitación	254
ANEXO N° 79 Diagramas de Taylor para las Estaciones 3, 4, 5 y 6 - Precipitación	255
ANEXO N° 80 Diagramas de Taylor para la Estaciones 7, 8, 9 y 10 - Precipitación	256
ANEXO N° 81 Diagramas de Taylor para la Estaciones 11, 12, 13 y 14 - Precipitación	257
ANEXO N° 82 Diagramas de Taylor para la Estaciones 15, 16, 17 y 18 - Precipitación	258

ANEXO N° 83 Diagramas de Taylor para la Estaciones 19, 20, 21 y 22 - Precipitación	259
ANEXO N° 84 Diagrama de Taylor para la Estación 1- Temperatura máxima	260
ANEXO N° 85 Diagrama de Taylor para la Estación 2- Temperatura máxima	260
ANEXO N° 86 Diagramas de Taylor para la Estaciones 3, 4, 5 y 6 - Temperatura máxima.....	261
ANEXO N° 87 Diagramas de Taylor para la Estaciones 7, 8, 9 y 10 - Temperatura máxima.....	262
ANEXO N° 88 Diagramas de Taylor para la Estaciones 11, 12, 13 y 14 - Temperatura máxima.....	263
ANEXO N° 89 Diagramas de Taylor para la Estaciones 15, 16, 17 y 18 - Temperatura máxima.....	264
ANEXO N° 90 Diagramas de Taylor para la Estaciones 19, 20, 21 y 22 - Temperatura máxima.....	265
ANEXO N° 91 Diagrama de Taylor para la Estación 1 - Temperatura mínima	266
ANEXO N° 92 Diagrama de Taylor para la Estación 2 - Temperatura mínima	266
ANEXO N° 93 Diagramas de Taylor para la Estaciones 3, 4, 5 y 6 - Temperatura mínima.....	267
ANEXO N° 94 Diagramas de Taylor para la Estaciones 7, 8, 9 y 10 - Temperatura mínima.....	268
ANEXO N° 95 Diagramas de Taylor para la Estaciones 11, 12, 13 y 14 - Temperatura mínima	269
ANEXO N° 96 Diagramas de Taylor para la Estaciones 15, 16, 17 y 18 - Temperatura mínima	270
ANEXO N° 97 Diagramas de Taylor para la Estaciones 19, 20, 21 y 22 - Temperatura mínima	271
ANEXO N° 98 Caudales simulados con el modelo climático ACCESS-ESM1-5	272
ANEXO N° 99 Caudales simulados con el modelo climático AWI-ESM-1-REcoM	273
ANEXO N° 100 Caudales simulados con el modelo climático EC-Earth3.....	274
ANEXO N° 101 Caudales simulados con el modelo climático EC-Earth3-CC	275
ANEXO N° 102 Caudales simulados con el modelo climático INM-CM4-8.....	276
ANEXO N° 103 Caudales simulados con el modelo climático IPSL-CM6A-LR	277
ANEXO N° 104 Caudales simulados con el modelo climático NorESM2-LM.....	278
ANEXO N° 105 Caudales simulados con el modelo climático UKESM1-0-LL	279
ANEXO N° 106 Comparación de Caudales Observados vs ACCESS-ESM1-5	280
ANEXO N° 107 Comparación de Caudales Observados vs AWI-ESM-1-REcoM	280
ANEXO N° 108 Comparación de Caudales Observados vs EC-Earth3.....	281
ANEXO N° 109 Comparación de Caudales Observados vs EC-Earth3-CC	281
ANEXO N° 110 Comparación de Caudales Observados vs INM-CM4-8.....	282
ANEXO N° 111 Comparación de Caudales Observados vs IPSL-CM6A-LR.....	282
ANEXO N° 112 Comparación de Caudales Observados vs NorESM2-LM.....	283
ANEXO N° 113 Comparación de Caudales Observados vs UKESM1-0-LL	283
ANEXO N° 114 Promedio de precipitación acumulada mensual de la cuenca - Escenario SSP2-4.5	284
ANEXO N° 115 Promedio de precipitación acumulada mensual de la cuenca - Escenario SSP5-8.5	286
ANEXO N° 116 Promedio de la temperatura media mensual de la cuenca - Escenario SSP2-4.5...	288
ANEXO N° 117 Promedio de la temperatura media mensual de la cuenca - Escenario SSP2-4.5...	290
ANEXO N° 118 Promedio de caudales medios de la cuenca - Escenario SSP2-4.5.....	292
ANEXO N° 119 Promedio de caudales medios de la cuenca - Escenario SSP5-8.5.....	294
ANEXO N° 120 Proyecciones de la precipitación – Estaciones 1, 2 y 3	296

ANEXO N° 121 Proyecciones de la precipitación – Estaciones 4, 5 y 6	297
ANEXO N° 122 Proyecciones de la precipitación – Estaciones 7, 8 y 9	298
ANEXO N° 123 Proyecciones de la precipitación – Estaciones 10, 11 y 12	299
ANEXO N° 124 Proyecciones de la precipitación – Estaciones 13, 14 y 15	300
ANEXO N° 125 Proyecciones de la precipitación – Estaciones 16, 17 y 18	301
ANEXO N° 126 Proyecciones de la precipitación – Estaciones 19, 20 y 21	302
ANEXO N° 127 Proyecciones de la precipitación – Estación 22	303
ANEXO N° 128 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 1 y 2	303
ANEXO N° 129 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 3, 4 y 5	304
ANEXO N° 130 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 6, 7 y 8	305
ANEXO N° 131 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 9, 10 y 11 ...	306
ANEXO N° 132 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 12, 13 y 14 .	307
ANEXO N° 133 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 15, 16 y 17 .	308
ANEXO N° 134 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 18, 19 y 20 .	309
ANEXO N° 135 Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 21 y 22	310
ANEXO N° 136 Panel fotográfico de visita a campo	311

RESUMEN

La investigación fue desarrollada en la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, ubicada en la región de Arequipa, con el objetivo de evaluar el grado de influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca. El estudio es de tipo descriptiva y correlacional, con enfoque cuantitativo, diseño no experimental y longitudinal, con un muestreo no probabilístico intencional. El análisis se basó en la aplicación del modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT), que permitió realizar la simulación de caudales partiendo del modelo de elevación digital, cobertura y tipo de suelo, información climática del producto grillado Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations (PISCO), así como información hidrométrica de la estación La Angostura que fue utilizada para la calibración y validación del modelo hidrológico. El modelo climático con mejor comportamiento en la zona de estudio fue seleccionado a partir de los Modelos de Circulación General del Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). Las proyecciones climáticas se realizaron empleando información de precipitación y temperatura bajo las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas SSP2-4.5 y SSP5-8.5. Los resultados indican que la calibración y validación del modelo SWAT fueron satisfactorias para la simulación de caudales, y que el modelo ACCESS-ESM1-5 presentó mejor desempeño. Para finales del siglo, la precipitación media multianual incrementó en 129.57%(SSP2-4.5) y 58.17%(SSP5-8.5), y la temperatura media multianual aumentó de 3.26°C(SSP2-4.5) y 5.19°C(SSP5-8.5). En consecuencia, los caudales aumentarán respecto al periodo histórico hasta en 23.22m³/s (SSP2-4.5) y 49.77m³/s (SSP5-8.5) para finales del 2100.

Palabras claves: Caudales, Cambio Climático, Modelo SWAT, Modelo de Circulación General.

ABSTRACT

This study was conducted in the upper Apurímac River basin up to the La Angostura gauging station, located in the Arequipa region, with the aim of assessing the influence of climate change on streamflow behavior. The research followed a descriptive–correlational approach, with a quantitative methodology, non-experimental and longitudinal design, and intentional non-probabilistic sampling. Hydrological analysis was performed using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model, which enabled streamflow simulation based on a digital elevation model, land cover, and soil type data. Climatic inputs for the historical period were obtained from the gridded Peruvian Interpolated Data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations (PISCO). Streamflow records from the La Angostura station were used for model calibration and validation. The climate model with the best performance in the study area was selected from the General Circulation Models of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). Climate projections were generated using precipitation and temperature data under the Shared Socioeconomic Pathways SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios. Results show that the SWAT model achieved satisfactory calibration and validation for streamflow simulation, and that the ACCESS-ESM1-5 model exhibited the best performance. By the end of the century, mean annual precipitation is projected to increase by 129.57% (SSP2-4.5) and 58.17% (SSP5-8.5), while mean annual temperature is expected to rise by 3.26 °C and 5.19 °C, respectively. Consequently, streamflows are projected to increase relative to the historical period by up to 23.22 m³/s (SSP2-4.5) and 49.77 m³/s (SSP5-8.5) by the year 2100.

Keywords: Streamflows, Climate Change, SWAT Model, General Circulation Model.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático viene siendo evidente a través de los años, es uno de los desafíos más significativos que enfrenta la sociedad en el siglo XXI, se observa que existe una tendencia al incremento de la temperatura media global provocando cambios de comportamiento en las variables climáticas (Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), 2020).

El recurso hídrico está vinculado con el cambio climático y su vulnerabilidad se evidencia mediante el uso de información observada y proyecciones del clima. El cambio del ciclo hidrológico se muestra como en el contenido de vapor en la atmosfera, derretimiento de hielo, variación de la intensidad y valores extremos de la precipitación, cambios en la humedad del suelo y en la escorrentía (Bates et al., 2008). En las regiones montañosas se ha evidenciado la alteración en las variables climáticas de precipitación y temperatura, los cuales pueden tener impactos significativos en los caudales de los ríos, alterando su comportamiento y afectando a las comunidades que dependen de ellos.

Esta problemática es considerada por las Naciones Unidas, la cual definió la Agenda 2030 de las Naciones Unidas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los 17 objetivos fueron adoptados en el 2015, e incluyen esfuerzos para frenar el cambio climático, como el ODS 13 (Acción por el clima) que promueve medidas para combatir el cambio climático y sus impactos, el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres) que considera el impacto sobre los ecosistemas de montaña y su importancia para el equilibrio ambiental y social en la región (Naciones Unidas, s. f.). Esta investigación, mediante el modelamiento hidrológico y los escenarios climáticos del Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6), aporta información relevante para la formulación de políticas y estrategias de adaptación que apoyen el cumplimiento de estos objetivos globales.

Esta investigación tiene por objetivo analizar la influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación de La Angostura, donde se utilizó el modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) y los modelos de circulación general del CMIP6 bajo dos escenarios de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP2-4.5 y SSP5-8.5), los cuales permitieron realizar el modelamiento hidrológico, simular los escenarios futuros y observar como las variables de temperatura, precipitación y caudales cambiaron en el periodo histórico (1981-2016) y su comportamiento en los escenarios futuros (2025-2100).

Esta investigación comprende los siguientes capítulos para su desarrollo:

En el capítulo 1, se describe de forma general de todo el estudio, dando una introducción

al tema de investigación.

En el capítulo 2, se realiza la explicación de la realidad problemática, la justificación de la investigación y la formulación de los problemas de la investigación.

En el capítulo 3, se desarrolla el marco teórico, donde se presentan investigaciones nacionales e internacionales de referencia, el marco conceptual y la identificación de las variables del estudio.

En el capítulo 4, se muestra la cuenca de estudio, y se describe la metodología de obtención y análisis de datos.

El capítulo 5, se muestra el procesamiento de datos climáticos y modelamiento hidrológico en SWAT y el respectivo análisis estadístico incluyendo los resultados y el análisis de la información obtenida.

El capítulo 6, muestra la discusión de los resultados obtenidos, y finalmente concluye con las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El clima en la tierra experimenta un cambio constante, estos cambios son naturales y suelen ocurrir de forma lenta a través de millones de años. La atmosfera terrestre ha cambiado su composición a lo largo de la historia, lo cual puede observarse a través de registros antiguos brindado por distintas instituciones a nivel mundial. Según el informe de cambio climático 2021 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2023), indica que, por efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y modificaciones del suelo, la temperatura media global en la superficie durante el periodo del 2006 al 2015 aumentó 0.87°C en comparación al periodo preindustrial de 1850 a 1900 y respecto a la temperatura media global del aire en la superficie terrestre aumento 1.53°C (World Meteorological Organization, 2023). Sin embargo, se proyecta un incremento de la temperatura a largo plazo (2081-2100), con referencia a este periodo entre un rango muy probable de 2.1°C y 3.5°C en el escenario de emisiones de GEI intermedias (SSP2-4.5) y en un rango entre 3.3°C y 5.7°C para el escenario con emisiones de GEI muy altas (SSP5-8.5). Producto del aumento de las temperaturas en todo el mundo, el ciclo de agua seguirá intensificándose, siendo más variables dentro de las estaciones y a través de los años, se proyecta que la precipitación media anual en la superficie terrestre, aumentará entre 1.5% a 8% en el escenario SSP2-4.5 y de 1% a 13% en el escenario SSP5-8.5 (Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), 2023).

América Central y Sur, es una región que posee una amplia diversidad de geografía, ecosistemas, topografía, demografía, economía, culturas y climas. La economía se basa en pequeños productores y grandes industrias, además de componerse de grandes poblaciones urbanas y comunidades indígenas, convirtiéndola en vulnerable frente al cambio climático, y de baja capacidad de adaptación. Actualmente, esta región está siendo impactada por la ocurrencia de eventos extremos y se proyecta su intensificación en los próximos años, tales como calor extremo, sequías, inundaciones que afectaran a los ecosistemas (Castellanos et al., 2022). América Latina muestra también un aumento de temperatura de 0.1°C por década a partir de 1960, con disminución de días fríos y un aumento de días cálidos, las proyecciones climáticas en América del sur para finales del siglo, indican un aumento de 4°C respecto al periodo de 1986 y 2005, así mismo en la precipitación se proyectan cambios heterogéneos por localidad, por ejemplo, aumentos de un 25% en la zona sudeste de América del Sur (Alatorre et al., 2015).

El Perú posee una gran variabilidad climática por su geográfica, que incluye la Amazonía, los Andes y las costas, el país también viene experimentando los efectos del cambio

climático, como el derretimiento de los glaciares y alteraciones en los patrones de precipitaciones y temperaturas. En la región de Arequipa se analizó los cambios de las variables climáticas para los años de 1988 al 2017, donde se muestra que la precipitación ha aumentado en la temporada de lluvias, también las tendencias positivas de la temperatura en toda la región (De Lima et al., 2023). El cambio climático es la respuesta de la tierra hacia los cambios medioambientales provocados por el ser humano, a través de emisiones de gases de efecto invernadero. Los cambios en las condiciones de la tierra ya sea por su uso o por el cambio climático, afecta al clima global y regional, así como aumentar o reducir el calentamiento y afectar a la intensidad, duración y frecuencia de los eventos extremos (Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), 2020). El clima, el agua dulce, los ecosistemas y sistemas socioeconómicos, están interconectados, el cambio climático afecta la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos y los problemas concernientes al tema del recurso hídrico, todavía no ha sido abordado en los análisis de cambio climático (Bates et al., 2008).

En la región Andina, la cuenca Alta del río Apurímac es parte del sistema fluvial del Amazonas, siendo de gran importancia en el abastecimiento de agua para la agricultura, la generación de energía hidroeléctrica y la conservación de biodiversidad en la región. En los últimos años, la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura ha adquirido mayor relevancia debido a proyectos de aprovechamiento hídrico de gran escala, como el Proyecto Especial Majes Siguanas II, el cual contempla la derivación de los recursos hídricos para el sector agrícola en la región sur del país. En este contexto, el cambio climático es un factor importante en la composición del ciclo hidrológico, ya que altera la disponibilidad del recurso hídrico en la zona, mediante variaciones en la precipitación y temperatura. En tal sentido, este estudio busca conocer el comportamiento de los caudales por efecto del cambio climático en la cuenca Alta del Río Apurímac hasta la estación La Angostura, así como evaluar la variación de las variables climáticas de precipitación y temperatura del cambio climático, considerando los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 del CMIP6 en los periodos a corto, mediano y largo plazo, aportando información relevante para la gestión sostenible del recurso hídrico.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

- PG: ¿Cuál es el grado de influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, región Arequipa, 2024?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- PE1: ¿Cuál será el nivel de confiabilidad de los caudales generados por el modelo hidrológico SWAT respecto a la información hidrométrica observada en la estación La Angostura?
- PE2: ¿Cuál será el modelo climático global que mejor representa el clima de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura?
- PE3: ¿Cuál es el grado de influencia del cambio climático en la temperatura y la precipitación de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura hasta el año 2100?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 JUSTIFICACION TEORICA

Desde el punto de vista teórico, esta investigación contribuye al conocimiento sobre los efectos del cambio climático en cuencas altoandinas, muestra la variación de las variables de caudales, temperatura y precipitación en la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura. Este estudio, contribuye al conocimiento del comportamiento del clima en base a los modelos del sexto informe del IPCC, el cual, brinda información de la selección del mejor modelo adaptado a la zona de estudio.

1.3.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde el punto de vista práctico, este estudio contribuye a la gestión del recurso hídrico en la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, al proporcionar proyecciones de caudales bajo escenarios de cambio climático. Los resultados obtenidos constituyen un insumo técnico para la planificación y evaluación de proyectos hidráulicos de gran escala y del abastecimiento hídrico de poblaciones ubicadas aguas abajo, tales como sistemas de irrigación, sin afirmar un beneficio directo, sino evidenciando la necesidad de una gestión adaptativa frente a la variabilidad e incertidumbre climática.

1.3.3 JUSTIFICACION SOCIAL

Esta investigación, desde el punto de vista social, involucra al recurso hídrico, el cual es esencial para el bienestar y desarrollo de las poblaciones que dependen de la cuenca en estudio, el comportamiento de este recurso impacta a la salud, alimentación y actividades productivas de las personas. Este estudio también contribuye a la sensibilización y formación de los pobladores sobre la importancia de la gestión sostenible del recurso hídrico, y aporta información útil para la elaboración de políticas públicas enfocadas en la seguridad hídrica frente al cambio climático.

1.3.4 JUSTIFICACION ECONÓMICA

Este estudio ayuda a anticipar posibles consecuencias del aumento y disminución del recurso hídrico, permitiendo optimizar el uso del agua para los sectores económicos como la agricultura. También mencionar que una gestión adecuada frente al cambio climático permite reducir costos destinados a los desastres hidrometeorológicos, y las pérdidas por inundaciones o sequías.

1.3.5 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Desde el punto de vista técnico, el estudio de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, integra información de múltiples fuentes, analizando el impacto del cambio climático en los caudales proyectados. En este estudio fue utilizado el modelo SWAT, el cual simula los caudales utilizando datos de entrada como tipo y propiedades del suelo, topografía, climatología entre otros, creando varias unidades de respuesta hidrológica para mostrar mejor precisión en la variación de caudales (Ceron, 2018). Además, que el modelo SWAT ha sido utilizado en múltiples estudios para simular cambios hidrológicos para escenarios futuros en conjunto con los modelos de circulación general de los informes del IPCC.

1.3.6 JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

Este estudio es viable debido a la disponibilidad de datos hidrometeorológicos e información climática diaria del producto grillado de PISCO – SENAMHI, información de tipo y cobertura del suelo, y topografía de la zona en estudio para realizar la calibración y validación del modelo SWAT. También existe la disponibilidad de información de los modelos de circulación general del CMIP6 que contribuyen al análisis de proyecciones climáticas en la cuenca. Estos factores adicionados con metodologías utilizadas en estudios similares y recursos tecnológicos, humanos y financieros confirman la viabilidad del estudio en la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura.

1.3.7 JUSTIFICACION POR RELEVANCIA

Esta investigación es relevante debido a que las instituciones públicas integren mayores áreas dedicadas al manejo de recursos hídricos de la cuenca, la información obtenida en este estudio, muestran valores de interés para entidades interesadas en la gestión de recursos hídricos de la zona, así como entidades interesadas en el desarrollo de Arequipa. También, mencionar que este estudio impulsa a realizar nuevas investigaciones en otras cuencas del país, incrementando la cantidad de información para la gestión del recurso.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- OG: Evaluar el grado de influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, región Arequipa, 2024.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- OE1: Determinar el nivel de confiabilidad de los caudales generados por el modelo hidrológico SWAT respecto a la información hidrométrica observada en la estación La Angostura.
- OE2: Seleccionar el modelo climático global que mejor representa el clima de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura.
- OE3: Evaluar el grado de influencia del cambio climático en la temperatura y precipitación de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura hasta el 2100.

1.5 LIMITACIONES EN LA INVESTIGACIÓN

Para este estudio no fue considerado la variación de cobertura vegetal en el área de la cuenca, solo fue considerado la variación de las variables climáticas de precipitación y temperatura en el periodo de 1981 al 2100. En la simulación de caudales con SWAT, no fue considerado el aporte de los glaciares.

En la selección de los modelos climáticos, únicamente fueron considerados aquellos disponibles en el nodo de descarga seleccionado y con información necesaria para cumplir con los objetivos planteados en este estudio.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

2.1.1 ANTECEDENTES NACIONALES

Ccopa & Camino (2025) en su tesis intitulado “Influencia del cambio climático en la generación de los caudales de la cuenca alta del río Mapacho, región Cusco, 2023” analizó la influencia del cambio climático en la generación de caudales de la cuenca alta del río Mapacho. Esta investigación es de tipo descriptiva y cuantitativa, que realiza el modelamiento hidrológico con SWAT, introduciendo datos como modelos de elevación digital, uso y tipo de suelos, además de información climática histórica (1981-2022) de temperatura y precipitación. Los modelos climáticos provienen de 3 modelos del CMIP6 (MPI.ESM1-2-LR, CNRM-CM6-1 y Can ESM5) regionalizados con la corrección de sesgo Mapeo de Distribución bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 en el periodo de referencia de 2016 a 2022. Se obtuvo que el modelo con mejor desempeño fue el modelo MPI.ESM1-2-LR, con el cual se realizó la proyección futura de los escenarios para los caudales. Los resultados que obtuvieron en este estudio, muestran una reducción de caudales para los meses de junio a agosto de un -19.6% hasta un -20.3% para los escenarios de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) 2-4.5 y 5-8.5, respectivamente, así mismo, en los meses de noviembre a abril, se observa un incremento de 19.2%(SSP2-4.5) y 43.9%(SSP5-8.5). De similar forma, en el análisis de precipitación se muestra un aumento para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 de 11.55% y 18.63%, respectivamente, y respecto a la temperatura se obtuvo un incremento de la temperatura media anual de 2.35°C en el escenario SSP2-4.5 hasta un 3.34°C en el escenario SSP5-8.5 para finales del siglo.

Polanco (2024) en su tesis intitulado “Evaluación de los modelos climáticos CMIP6 para representar la variabilidad espacial temporal de la precipitación y temperatura (1981-2014) en la región de Arequipa” evaluó la variabilidad espacio temporal de la precipitación, temperatura máxima y mínima en la región de Arequipa con el objetivo de obtener Modelos de Circulación General del Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) que representen con mayor exactitud su variabilidad en el periodo de 1981 al 2014. Para representar la variabilidad del clima en la región se utilizaron 24 Modelos de Circulación General, donde se utilizó información del producto grillado de PISCO con una resolución de 0.1°. Para la evaluación de precisión fueron utilizados los coeficientes de Pearson (R), Error Cuadrático Medio Raíz (RMSE) y Porcentaje de sesgo (PBIAS), haciendo un procesamiento inicial y otro final una vez aplicado la corrección por mapeo de cuantiles. Los resultados determinados muestran que los modelos que representan mejor la variabilidad espacio temporal de la temperatura en

comparación con la precipitación, concluyendo que los modelos ACCESS-ESM1-5, EC-Earth3 y UKESM1-0-LL que tienen mejor representatividad de la precipitación y temperatura máxima y mínima en el periodo histórico en la región de Arequipa.

Coaquira (2023) en su tesis de investigación intitulada “Estimación de la oferta hídrica en la cuenca del río Llave en condiciones de cambio climático” determinó la oferta hídrica mensual para escenarios futuros SSP2-4.5 y SSP5-8.5 en la cuenca del río Llave en los periodos de 2023 al 2060 y el 2070 al 2100, utilizando 33 modelos climáticos globales del CMIP6. Se utilizó el modelo hidrológico de GR2M para estimar los caudales de la cuenca obteniendo una Eficiencia de Nash-Sucliffe (NSE) de 0.74 y 0.75 para los periodos de calibración y validación respectivamente, y como modelo climático seleccionado el AWWI-CM-1-1-MR de forma gráfica y estadística para las variables climáticas de precipitación y temperatura a escala mensual. Esta investigación concluye que, para las variables de precipitación y temperatura en el escenario SSP2-4.5, la oferta hídrica anual disminuye respecto al periodo histórico de 9% hasta 10.3% y en el escenario SSP5-8.5 una disminución de 24% a 25.2%. Mensualmente para el futuro cercano (2030-2060), en el escenario SSP2-4.5 los caudales varían de -4% en diciembre hasta -51.4% en septiembre, de en el escenario SSP5-8.5, los caudales varían desde -14.3% en el mes de marzo y un -49.1% en el mes de octubre. Para el futuro lejano (2070-2100), en el escenario SSP2-4.5, los caudales varían desde -3.3% en el mes de enero y un 60% en el mes de octubre, en el escenario SSP5-8.5, varía de -3.8% en el mes de marzo hasta -66.1% en el mes de octubre.

Urbay (2022) en su tesis de investigación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental intitulada “Modelamiento hidrológico y los impactos potenciales del cambio climático en la cuenca del río Yauco” busca analizar el impacto del cambio climático en la cuenca del río Yauco, utilizando el modelo hidrológico Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Esta investigación es mixta, pre experimental y descriptivo, utiliza los modelos de cambio climático (GCM), analizando 4 modelos del CMIP5; HadGEM2-ES, CSIRO-Mk3-6-0, MRI-CGCM3 y MIROC 5 del 2040 al 2050 y del 2050 al 2100, cada uno de estos modelos son analizados para los escenarios RCP 2.6, 4.5, 6.0 y 8.54 de cambio climático, con el fin de verificar el cambio de caudales, temperatura y precipitación a través del tiempo. Los resultados de la investigación muestran que el caudal posee una tendencia negativa para el año 2050 y 2100 para todos los escenarios y modelos, excepto el modelo MIROC5 en el escenario 2.6 el cual incrementa en un 1% respecto al caudal de referencia. La temperatura en todos los modelos y los 4 escenarios, indica que varía entre -35 °C y 0°C, y para la precipitación se estima que aumentará más de un 100% en la cuenca en estudio.

Del Aguila & Espinoza (2024) en su artículo de investigación intitulado “Impacto del

cambio climático en las descargas futuras de una cuenca altoandina de Perú al 2100” realizaron el estudio hidrológico de la cuenca Anya de la región de Junín evaluando las variables climáticas de temperatura y precipitación. Esta investigación se realizó la simulación en el periodo de 2070 al 2100, utilizando la herramienta SWAT para el modelamiento hidrológico y para la generación de caudales mensuales, se realizó la calibración y validación del modelo utilizando la bondad de ajuste a partir de métodos gráficos y análisis estadístico. Este estudio, fue analizado bajo cinco modelos climáticos globales del CMIP5 (ACCES1.0, bcc_csm1, BNU_ESM, CMCC_CM y GISS_E2) y en dos escenarios de Rutas de Concentración Representativa (RCP) 4.5 y 8.5. La investigación estableció que la temperatura media del periodo de referencia (1981-2015) aumentó en 2.3°C y 4.2°C y la precipitación en 4.63% y 8.14% para los escenarios RPC4.5 Y RPC8.5, respectivamente, para finales del siglo. En la escorrentía superficial, también se obtuvo un incremento en ambos escenarios del 2.4% en RPC4.5 y del 12.6% en RPC8.5 para el 2100. Concluyeron que, en la cuenca de estudio, la temperatura, precipitación y caudales aumentarán hasta finales del siglo, por consiguiente, el riesgo a inundaciones dentro de la cuenca en estudio.

2.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Colín et al. (2024) en su investigación intitulado “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en el Balance Hídrico de la cuenca del Río Mixteco con el modelo SWAT” plantea como objetivo evaluar el impacto del cambio climático en el balance hidrológico utilizando el modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Esta investigación realizó el análisis de temperatura y precipitación utilizando 10 modelos climáticos globales (GCM) del Proyecto de Inter comparación de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6), utilizando CMhyd para la corrección de sesgo mediante el uso de Lineal Scaling (LS) y Distribution Mapping (DM), para después realizar una comparación de datos observados en el periodo histórico con los datos históricos de los GCM y seleccionando el modelo MPI-ESM1-2-LR, que presenta el mejor rendimiento. Esta investigación concluye que las precipitaciones se reducen respecto al periodo histórico entre 83.71 mm y 225.83 mm y la temperatura incremento entre 2.57 °C y 4.77 °C, y se obtiene la disminución de caudales en un 47.40% y un 61.01% considerando los escenarios SP2-4.5 y SSP5-8.5 respectivamente.

Ullah et al. (2024) en su trabajo de investigación intitulada “Evaluación de los impactos del uso de la tierra y el cambio climático en los caudales del río Ravi mediante un enfoque de SIG y modelado hidrológico” investigó la interacción de la dinámica del uso de la tierra y el cambio climático en el régimen hidrológico del río Ravi. Este estudio integra el Sistema de Información Geográfica (SIG), la teledetección y el modelado hidrológico a escala de cuenca con el modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Se evaluó la respuesta hidrológica bajo escenarios, uno centrado en el cambio climático y el otro combinándolo con la cobertura terrestre, considerando condiciones actuales y los escenarios futuros. El modelo SWAT fue calibrado y validado mediante criterios estadísticos de Eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE), coeficientes de determinación (R^2), y Porcentaje de sesgo (PBIAS), obteniendo valores en calibración de 0.85, 0.83 y 10.01, y en validación 0.87, 0.89 y 7.2 para NSE, R^2 y PBIAS, respectivamente. Para el análisis de uso de tierra, se crearon mapas de uso del suelo actual y futuro utilizando técnicas de clasificación supervisada en imágenes Landsat y modelado TerrSet, las cuales indicaron que un aumento de áreas construidas entre 1990 y 2020 de 15.8%, y para las proyecciones entre 2020 y 2100 un incremento del 31,7%. En el análisis de cambio climático se consideró las variables de precipitación y temperatura con reducción de escala estadística con el modelo CMhyd y bajo las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP2 y SSP5). Los resultados de la investigación muestran para finales del siglo, aumentos en la precipitación de 10.9% y 14.9% y la temperatura máxima de 12.2% y 15.9% y temperatura mínima de 7.8% y 9.71% para los escenarios SSP2 y SSP5, respectivamente. Los resultados muestran que el caudal aumentará para finales del siglo en 19.4%(SSP2) y un 25.4%(SSP5), y considerando la adición del cambio de uso de tierras el caudal aumentará en 22.4%(SSP2) y

28.4%(SSP5).

Lopera (2022) en su tesis intitulado “Efectos del cambio climático sobre el régimen de caudales en la cuenca Magdalena-Cauca simulados con una versión mejorada del modelo SWAT” analizó los efectos del cambio climático en el régimen de la cuenca Magdalena-Cauca. Para este estudio fue utilizado la herramienta SWAT en su más reciente versión SWAT-Tb, logrando la calibración y validación satisfactoria del modelo para tres puntos de interés. Los modelos de circulación utilizados para este estudio fueron EC-Earth3-Veg, EC-Earth3, FGOALS-g3, MPI-ESM1-2-HR del CMIP6 en los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 considerando los periodos para de análisis desde 2041 a 2060 y desde 2081 a 2100, aplicando la reducción de escala estadística a esta información. Se obtuvo como resultado que la temperatura aumentara entre 1°C y 4°C así como también una posible intensificación de eventos extremos en la precipitación con énfasis en las temporadas más lluviosas. En los caudales, los resultados indican que existe un aumento de caudales hasta el periodo 2041 y 2060 en ambos escenarios (SSP2-4.5 y SSP5-8.5), sin embargo, para finales del siglo (2081 a 2100) se muestra aumentos en el escenario SSP2-4.5 y reducciones en el escenario SSP5-4.5. Respecto al análisis de caudal mensual medio multianual, se observa un aumento entre 10% a 60% en el escenario SSP2-4.5, contrario al escenario SSP5-8.5, donde los caudales reducirán entre 10% a 30%.

Jodar et al. (2018) en su artículo de investigación intitulado “Evaluación del impacto del cambio climático sobre una cuenca hidrológica en régimen natural (SE, España) usando un modelo SWAT” plantearon como objetivo estimar el efecto del cambio climático sobre los principales componentes del balance hídrico en la cuenca alta del río Taibilla. En el desarrollo de esta investigación se hace uso del modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT), con el cual, realiza la calibración y validación del modelo siguiendo los criterios estadísticos de rendimiento (Eficiencia de Nash-Sutcliffe y Eficiencia de King-Gupta) en el periodo de 1996 al 2012 con los caudales observados. El análisis de cambio climático fue realizado con información de precipitación y temperatura de los modelos climáticos globales (GCMs) del CMIP5 (bcc-csm1-1-m, MPI.ESM.MR y bcc. csm1.1) en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 dentro del periodo del 2010 al 2050. Los resultados de la investigación mostraron que el modelo hidrológico SWAT, y los modelos climáticos globales, resultan válidos en un área de clima subhúmedo y semiárido. Así mismo se obtuvo que la precipitación media de los periodos de 2021 al 2030 y 2041 al 2050 reducirá en el escenario RCP4.5 en 4% y en el escenario RCP8.5 un 13% respecto al periodo histórico, sin embargo, la temperatura media aumenta de 1.5°C en el RPC4.5 y 1.7°C en el RPC8.5. Respecto al análisis hidrológico, las proyecciones simuladas (2021-2030 y 2041-2050) muestran una reducción respecto al periodo histórico (2000-2010) de

un 10% en el RPC4.5 y un 19% en el RPC8.5.

Feyissa et al. (2023) en su artículo de investigación intitulado “Evaluación del desempeño de los modelos de circulación general CMIP6 y el cambio climático futuro en la cuenca del río Omo, Etiopia” analizaron el rendimiento de 20 Modelos de Circulación General del CMIP6 y los escenarios climáticos futuros de las vías socioeconómicas para la precipitación y temperatura máxima en el río Omo. Este estudio evaluó el rendimiento de precipitación media mensual con el del Programa de Precipitación Infrarroja con Estación del Grupo de Riesgos Climáticos (CHIRPS) y la temperatura máxima con el del Pronóstico Meteorológico de Alcance Medio de Agua de la Comunidad Europea, versión 5 (ECMWF-ERA5). Los modelos se seleccionaron y clasificaron mediante el método de programación de compromiso para la toma de decisiones multicriterio y se seleccionaron los modelos de conjunto para la precipitación y el modelo NorESM2-MM para la temperatura máxima. Se realizó la prueba de tendencia de Mann-Kendall para evaluar la tendencia y se realizó la reducción de escala y corrección de sesgo. La precipitación estacional proyectada para junio, julio, agosto y septiembre (JJAS) y marzo, abril y mayo (MAM) muestra una tendencia creciente con valores de 10.86% y 17.66% para el escenario SSP2-4.5 (2031-2060), de 38.96% y 11.85% para el escenario SSP5-8.5 (2031-2060), de 22,1% y 40,7%, para el escenario SSP5-8.5 (2071-2100), respectivamente. Además, en el escenario SSP2-4.5 (2071-2100), se mostró una tendencia de incremento en MAM del 12,8% y de disminución en JJAS del 15,23%. Respecto a la temperatura máxima, para el futuro cercano (2031-2060), se observó un aumento en JJAS de 0.95°C y 1.78°C (SSP2-4.5), y en MAM de 1.53°C, 2.24°C (SSP5-8.5), y para el futuro lejano (2071-2100), para JJAS aumento en 1.4°C y 3.88°C (SSP2-4.5) y para MAM en 1.56°C y 3.89°C (SSP5-8.5).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 HIDROLOGÍA

Según Ponce (2014) en su texto en línea Engineering Hydrology, Principles and Practices, en el capítulo I indica que:

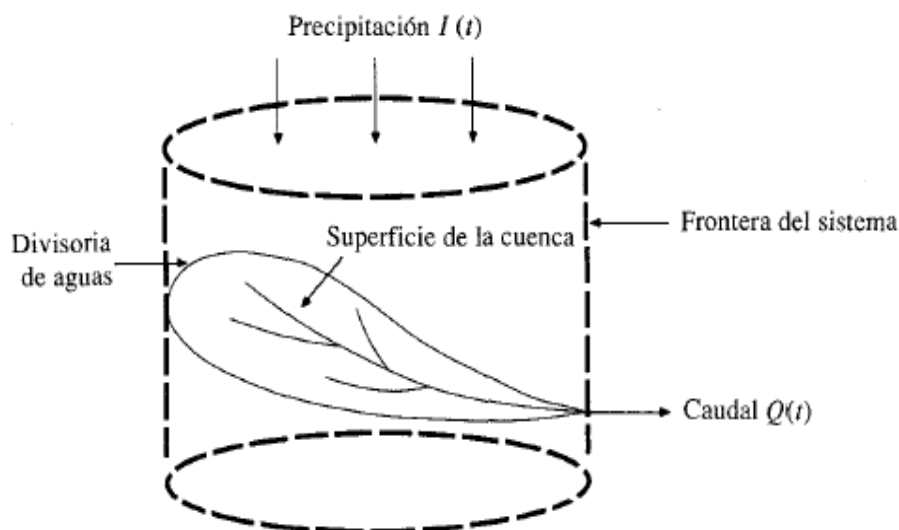
La hidrología es una de las ciencias de la tierra. Estudia las aguas de la tierra, su aparición, circulación y distribución, sus propiedades químicas y físicas y su relación con los seres vivos. La hidrología abarca la hidrología de las aguas superficiales y la hidrología de las aguas subterráneas; este último, sin embargo, se considera un tema en sí mismo (cap 1).

2.2.2 CUENCA HIDROLÓGICA

La cuenca hidrológica es un área delimitada por la divisoria de aguas. Según Chereque (1989), “es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido” (p. 28).

Figura 1

La cuenca como un sistema hidrológico



Nota. En la figura se muestra el sistema hidrológico de la cuenca.

Fuente: Chow et al. (1994)

2.2.2.1 PARTES DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA

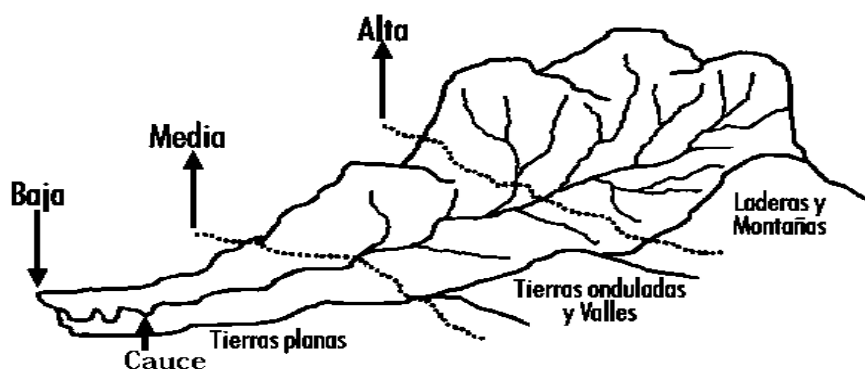
Cuenca alta. Se encuentra generalmente en zonas montañosas y está limitada por las divisorias de aguas en la parte superior. Los procesos dominantes en las zonas altas de cuencas es la erosión (Ordoñez, 2011).

Cuenca media. En la zona media prevalecen los procesos de transporte, debido a que confluyen las aguas de las partes altas y en donde se mantiene definido el río principal (Ordoñez, 2011).

Cuenca baja. En esta zona el río desemboca a ríos mayores o estuarios y humedales, por ello predomina los procesos de sedimentación (Ordoñez, 2011).

Figura 2

Partes de una cuenca



Nota. En la **Figura 2** se muestra las partes baja, media y alta de la cuenca hidrográfica. Fuente: Girón et al. (2004)

2.2.3 SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER

El sistema de codificación Pfafstetter desarrollado por el ingeniero Otto Pfafstetter en 1989, es una metodología que permite la asignación de identificadores a las unidades de drenaje partiendo de la topología del terreno, este sistema permite otorgar códigos a cada cuenca y establecer su relación entre ellas.

2.2.3.1 UNIDADES HIDROGRÁFICAS

El concepto de unidades hidrográficas de acuerdo al sistema Pfafstetter, que se definen como espacios geográficos limitados por líneas divisorias de aguas, el cual considera tres tipos de unidades de drenaje (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2012).

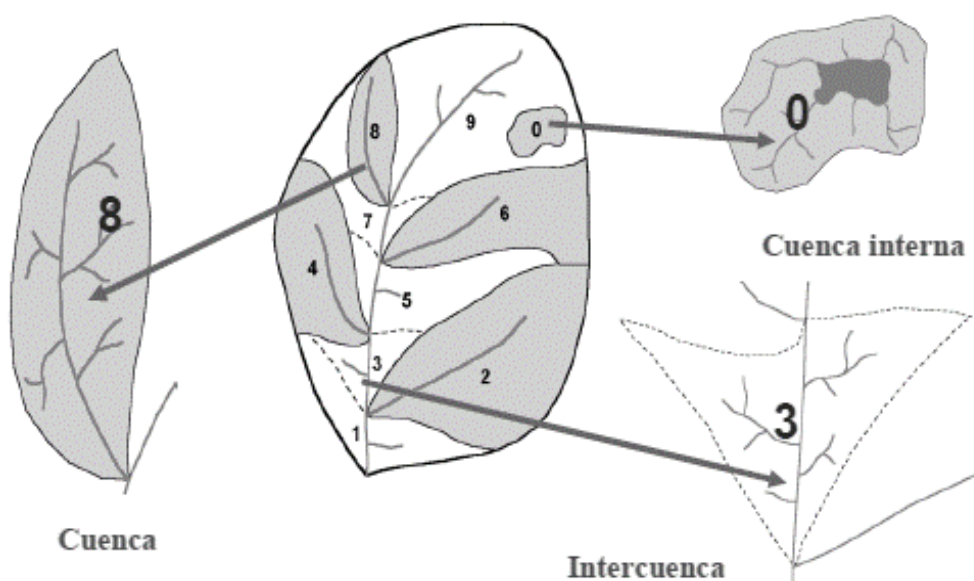
- Cuenca, es un área que contribuye con flujo a otra unidad de drenaje a través del río con el que confluye, pero sin recibir flujo de ninguna otra área.

Intercuenca, es una unidad de drenaje de tránsito del río principal, que recibe drenaje de otra unidad aguas arriba del curso del río principal, y da paso hacia otra unidad de drenaje aguas abajo.

- Cuenca Interna, es un área de drenaje que no recibe ni contribuye un flujo de agua a otra unidad de drenaje.

Figura 3

Cuenca, Intercuenca y Cuenca Interna

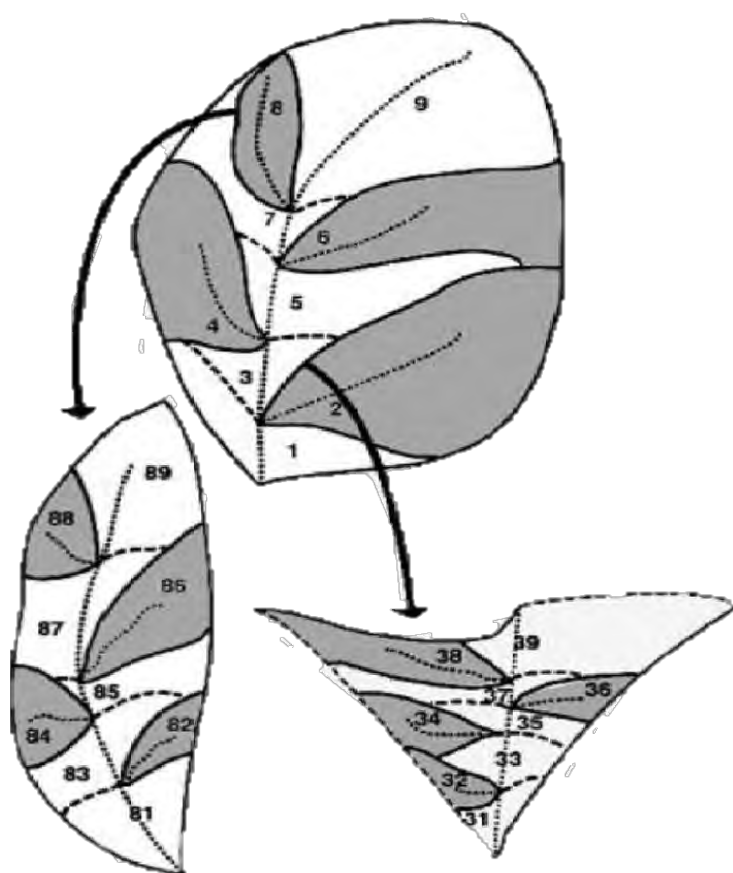


Nota. En la figura se muestra las unidades hidrográficas de la cuenca. Fuente. (ANA, 2012).

2.2.3.2 PROCESO DE CODIFICACIÓN

La metodología para realizar la codificación y jerarquización siguiendo la metodología Pfafstetter, se inicia desde los puntos de confluencia entre ríos, delimitando cuatro afluentes del cauce principal, considerando las áreas que abarcan sus unidades hidrográficas. Estas subcuencas serán asignadas con los números pares 2, 4, 6 y 8 partiendo desde la desembocadura hacia aguas arriba de la cuenca. Los ríos tributarios del río principal que quedan, se agrupan en intercuenca, a las que se asigna los dígitos impares 1, 3, 5, 7 y 9, partiendo desde el punto de salida hacia aguas arriba (ANA, 2012)..

Una vez realizada la codificación, cada cuenca puede volver a dividirse de la misma forma siguiendo el nivel que corresponde, es decir, la cuenca 8 puede dividirse en unidades más pequeñas, obteniendo codificaciones desde el 81 al 89, los nuevos dígitos son añadidos al código de la cuenca que está siendo dividida (ANA, 2012).

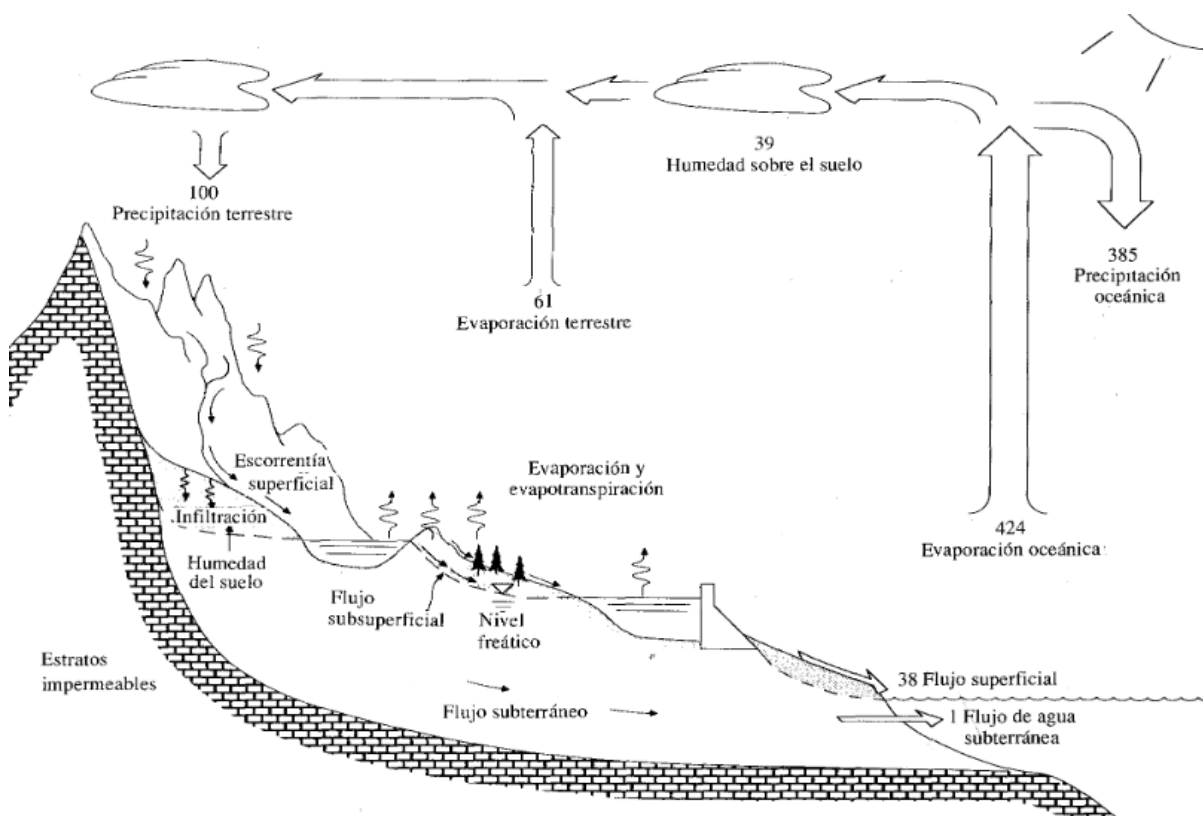
Figura 4*Proceso de codificación por Pfafstetter*

Nota. En la figura se muestra el proceso de codificación de una cuenca.

Fuente. (ANA, 2012).

2.2.4 CICLO HIDROLÓGICO

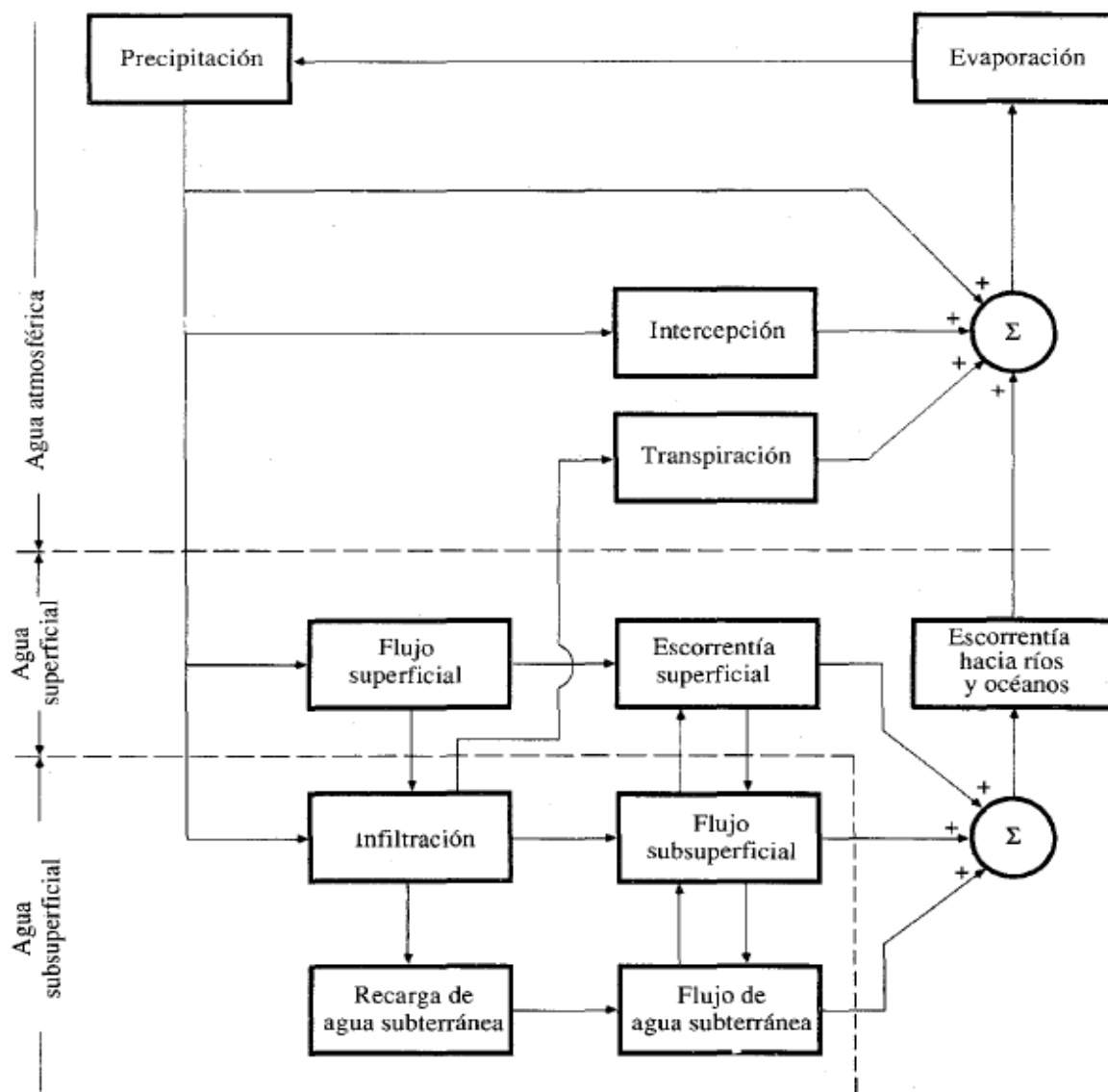
La hidrología tiene como enfoque central al ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico posee diversos procesos que suceden de forma continua dentro de la tierra, en el espacio denominado hidrosfera, el agua que circula no posee un inicio ni un fin, el agua de los océanos y de la superficie terrestre se evapora, se condensa y precipita nuevamente. El agua precipitada puede convertirse en flujo superficial y subsuperficial (Chow et al., 1994). En la **Figura 5**, se muestra un esquema de forma detallada de los procesos del ciclo hidrológico con un porcentaje estimado.

Figura 5*Ciclo hidrológico*

Fuente: Chow et al. (1994).

Figura 6

Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global



Fuente: Chow et al. (1994).

2.2.5 VARIABLES CLIMÁTICAS

2.2.5.1 PRECIPITACIÓN

La precipitación es un proceso dentro del ciclo hidrológico del agua. Según Chow et al. (1994) indica acerca de la precipitación:

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de la precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfíe y parte de su humedad se condense (p. 65).

2.2.5.2 TEMPERATURA

Es uno de los parámetros más importantes para la meteorología y climatología, ya que indica la cantidad de energía en forma de calor que tiene un cuerpo. La temperatura del aire, depende en gran medida de la radiación solar que la superficie terrestre recibe, la temperatura es una característica muy sensible del clima y esta influenciada por varios factores, como la latitud, la longitud, las características del terreno y la circulación general del aire en la atmosfera (Campos, 1998, p. 122).

En las estaciones meteorológicas, tanto como tradicionales y modernas, la temperatura del aire es medida en el interior de refugios, los cuales están diseñados con lamas para permitir la circulación aire y proteger los instrumentos del sol directo y que contienen termómetros, termistores o termopares. La temperatura se mide a 2 metros del suelo según las normas de la Organización Meteorológica Mundial. La temperatura mínima diaria del aire y la temperatura máxima diaria del aire, que son registros de las temperaturas mínima y máxima del aire a partir de la media noche durante un periodo de 24 horas (FAO, 1998).

2.2.5.3 PRODUCTO GRILLADO PISCO SENAMHI

El producto grillado Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations (PISCO), es una base de datos espacial desarrollada por la dirección de hidrología del SENAMHI. Fue creado con el fin de mejorar la representación de la precipitación en el Perú, especialmente para zonas donde no existe una buena densidad de estaciones meteorológicas. El producto PISCO combina información satelital con estaciones meteorológicas, utilizando principalmente la base global de Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), el cual combina sensores remotos, modelos y datos de estaciones (Aybar et al., 2017). El producto PISCO proporciona datos con frecuencias mensuales y diarias que abarcan el periodo desde 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre al 2016.

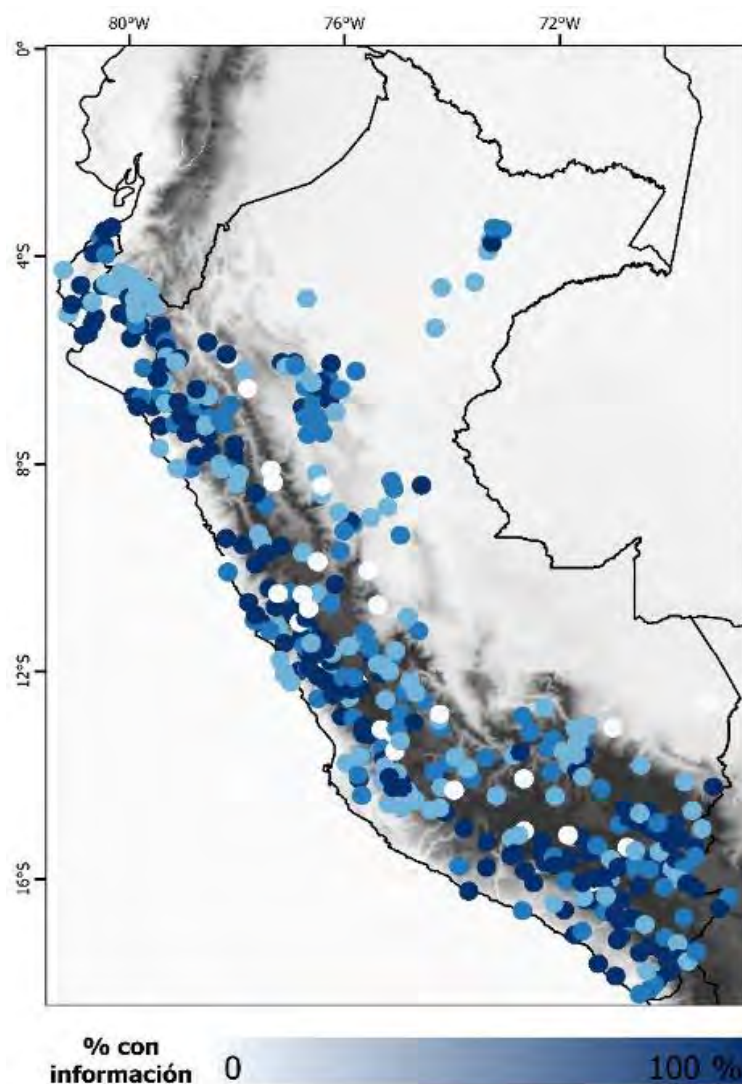
La metodología en la generación de la información del producto grillado PISCO, PISCOpd (precipitación diaria) y PISCOpm (precipitación mensual), fueron divididos en subprocesos; control de calidad, análisis exploratorio (AE) de la información satelital y la mezcla de la información pluviométrica y CHIRPM

El control de calidad del Producto PISCO fue el más tedioso, se realizó considerando 681 estaciones meteorológicas del SENAMHI. Se realizó el control automático, realizando una evaluación de datos de precipitación para cada estación, se revisó fechas duplicadas, uso adecuado de comas decimales, valores -999 y/o -888, rangos fijos, así como la coherencia

temporal y espacial de los datos, se eliminaron aquellos valores que superaron los límites establecidos. Además, fue realizado un análisis visual de quiebres y/o rupturas en las series y se eliminaron series que no eran homogéneas. Así mismo, se completaron los datos de las series mensuales y diarias, utilizando una versión modificada del algoritmo CUTOFF y mapeo de cuantiles. Una vez realizado el control de calidad, solo se utilizaron 443 estaciones pluviométricas, para la base de datos de PISCOp (Aybar et al., 2017).

Figura 7

Red de estaciones utilizada para el Producto PISCO



Nota. En la **Figura 7** se muestra la cantidad de años de información para cada estación en %, considerando el periodo de 1981 al 2016. Fuente: Aybar et al. (2017)

El producto PISCO posee productos derivados de su base de datos de precipitación para el monitoreo hidrometeorológico y prevención de riesgos de desastres, entre ellos se

utiliza para el modelamiento hidrológico de cuencas, permitiendo calibrar mayor número de cuencas para el pronóstico de caudales de corto plazo. También se menciona que, para el análisis de cambio climático, es recomendable realizar el uso complementario de observaciones pluviométricas disponibles en la zona de estudio y usar un control de calidad, para contrastar con los datos de PISCOp (Aybar et al., 2017).

2.2.6 VARIABLES HIDROLÓGICAS

2.2.6.1 CAUDAL

El caudal es la medida del volumen de flujo por unidad de tiempo, puede medirse en m³/s o lt/s, si el volumen es demasiado grande se expresa en miles de m³ (m MC) o en millones de m³ (MMC) (Chereque, 1989).

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

Donde:

Q : Caudal

V : Volumen de agua

t : Tiempo

Hidrograma de caudal. Es un gráfico que muestra la tasa de flujo en función del tiempo en un lugar de aforo (Chow et al., 1994).

2.2.6.2 INFILTRACIÓN

La infiltración es conocida también como pérdidas, es la parte de la precipitación que no escurre en la superficie, es decir el agua atraviesa el suelo por efecto de la gravedad, está relacionada con el tipo y porosidad del suelo. La infiltración se denomina al ingreso del agua al suelo y la percolación, al movimiento del agua dentro (Araque et al., 2019).

2.2.6.3 EVAPORACIÓN

Para el proceso de evaporación intervienen la radiación solar, como suministro de calor y velocidad del viento para transportar el vapor de agua fuera de la superficie terrestre, suelo o vegetación (Chow et al., 1994).

2.2.6.4 TRANSPIRACIÓN

La transpiración se da a través de las hojas de las plantas, es el proceso por el cual el agua es extraída por las raíces, suben al tallo y son difundidas a la atmósfera a través de las estomas de las hojas de las plantas (Chow et al., 1994).

2.2.6.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es un proceso hidrológico dentro del ciclo hidrológico del agua, esta conformada por la evaporación de la superficie y la transpiración de las plantas. Los métodos más conocidos para el cálculo de estas cantidades de agua son el Thornthwaite y el de Blaney-Clidde (Villón, 2002).

2.2.6.6 ESCORRENTIA SUPERFICIAL

También es denominada como escorrentía directa, es la parte de la precipitación que no se infiltra, que se incorpora por efecto de la gravedad y la superficie del terreno a la red de drenaje (Araque et al., 2019).

MÉTODO DE NÚMERO DE CURVA

Este método fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos, es aplicado a cuencas pequeñas y medianas para estimar la escorrentía total de una cuenca partiendo de datos de precipitación y parámetros de drenaje (Villón, 2002). Este método se basa en la siguiente ecuación:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P_e}$$

Donde:

F : Infiltración real acumulada (L)

S : Infiltración potencial máxima (L)

Q : Escorrentía total acumulada (L)

P_e : Escorrentía potencial o exceso de precipitación (L)

a) Número de curva

Es una serie de curvas que varían de 1 a 100, un número de curva más próximo a 100 indica que la totalidad de lluvia escurre sobre la superficie, y un número de curva más próximo a 1, indica que la totalidad de agua se infiltra (Villón, 2002). Según Villón (2002), los grupos hidrológicos se definen en los siguientes grupos:

- Grupo A: Tiene bajo potencial de escorrentía
- Grupo B: Tiene moderado bajo potencial de escorrentía
- Grupo C: Tiene moderado alto potencial de escorrentía
- Grupo D: Tiene un alto potencial de escorrentía

2.2.7 INFORMACIÓN ESPACIAL DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA

2.2.7.1 MODELO DE ELEVACION DIGITAL

Los modelos de elevación digital o DEM, son conjuntos de puntos que representan de forma tridimensional y continua la variación del relieve del terreno, están dados por puntos con posiciones horizontales coordenadas X e Y, y elevaciones con coordenadas Z (Wolf & Ghilani, 2016).

2.2.7.2 TIPO DE SUELO

Según Araque et al. (2019), en su libro Cuencas Hidrográficas en el capítulo I, indica del tipo de suelo:

El tipo de suelo de la cuenca influye en la cantidad de agua que se infiltra y percola, además de influir en la cantidad y calidad de las aguas subterráneas de una cuenca (p. 26).

2.2.7.3 USO Y COBERTURA DEL SUELO

Es la cobertura de la superficie en la cuenca, se encuentran zonas con vegetación, lagunas, pantanos, zonas impermeables entre otros, los cuales influyen al ciclo hidrológico del agua (Villón, 2002).

Tabla 1

Condición hidrológica

Cobertura Vegetal	Condición hidrológica
>75% del área	Buena
Entre 50% y 75% del área	Regular
< 50% del área	Pobre

Fuente: Villón (2002).

UNIDAD DE RESPUESTA HIDROLÓGICA (HRU)

Las unidades de respuesta hidrológica son áreas que poseen propiedades comunes de pendiente, elevación, cobertura vegetal, tipo de suelo, entre otros, dentro de la cuenca, estas poseen una respuesta hidrológica y características geo-climáticas homogéneas. Los H.R.U. son utilizados en modelos semi distribuidos para mejorar la obtención del modelamiento de caudales, para su definición es necesario el DEM y la información de cobertura de suelo (Cabrera, s. f.).

2.2.8 MODELO HIDROLÓGICO

El modelo hidrológico es un proceso que consiste en representar el ciclo del agua en la naturaleza, usando simplificaciones de los procesos reales del sistema hidrológico, que pueden ser físicos o computacionales que simulan el comportamiento del agua con bases de datos y formulas. El modelamiento hidrológico tiene como objetivo predecir la respuesta hidrológica del sistema ante escenarios como cambio climático, cambio de usos del suelo o intervenciones en la infraestructura natural, entendiendo el funcionamiento dentro del sistema (Ochoa et al., 2022).

2.2.8.1 POR EL NIVEL DE DESCRIPCIÓN DE PROCESOS HIDROLÓGICOS

EMPÍRICOS

Son aquellos que no consideran procesos físicos de forma directa y se basan en datos estadísticos o de aprendizaje de máquina (Ochoa et al., 2022).

CONCEPTUALES

Son aquellos modelos que representan el sistema hidrológico mediante simplificaciones paramétricas de los procesos, como el uso de reservorios para simular el almacenamiento y flujos simplificados para representar entradas y salidas de agua (Ochoa et al., 2022).

BASE FÍSICA

Son modelos complejos y que requieren mayor capacidad computacional, utilizan representaciones detalladas basados en leyes físicas, como conservación de masa, momento y energía (Ochoa et al., 2022).

2.2.8.2 SEGÚN LA ALEATORIEDAD QUE LOS MODELOS PUEDAN INTRODUCIR

DETERMINÍSTICOS

Estos modelos no consideran la aleatoriedad ni incertidumbre, producen siempre la misma salida para un conjunto de datos de entrada y parámetros, es decir que, si se repite una simulación con los mismos datos, los resultados serán idénticos, y si se modifican las entradas o parámetros, los resultados variarán. Este tipo de modelo es adecuado para la calibración posterior del modelo (Ochoa et al., 2022).

ESTOCÁSTICOS

Estos modelos incluyen aleatoriedad o incertidumbre en las variables de entrada, en los parámetros del modelo o en las condiciones de frontera, provocando resultados que pueden cambiar incluso con los mismos datos iniciales. Estos modelos son adecuados para simular procesos inciertos o aleatorios, como la precipitación o predicciones climáticas (Ochoa et al., 2022).

2.2.8.3 SEGÚN LA DISCRETIZACIÓN ESPACIAL

AGREGADOS

Estos modelos utilizan la precipitación promedio como variable principal considerando una distribución uniforme en toda la cuenca. Los parámetros de los procesos para los submodelos, son considerados globales para toda la cuenca y se mantienen constantes durante el análisis (Mediero, 2007).

SEMI DISTRIBUIDOS

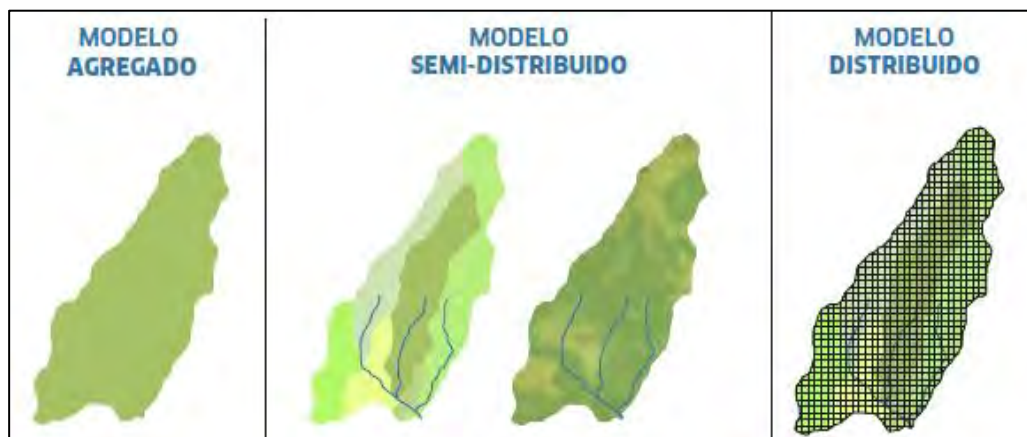
Son aquellos que permiten variaciones en la lluvia y parámetros de los subprocessos, dividen la cuenca en pequeñas subcuencas, en donde la lluvia y los parámetros se consideran constantes dentro de estas unidades (Mediero, 2007).

DISTRIBUIDOS

Son aquellos modelos que dividen la cuenca en celdas, donde cada una simulan diferentes procesos hidrológicos, estos permiten una representación espacial detallada de la lluvia y los parámetros (Mediero, 2007).

Figura 8

Discretización de modelos hidrológicos



Fuente: Ochoa et al. (2022).

2.2.9 MODELO HIDROLÓGICO SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL

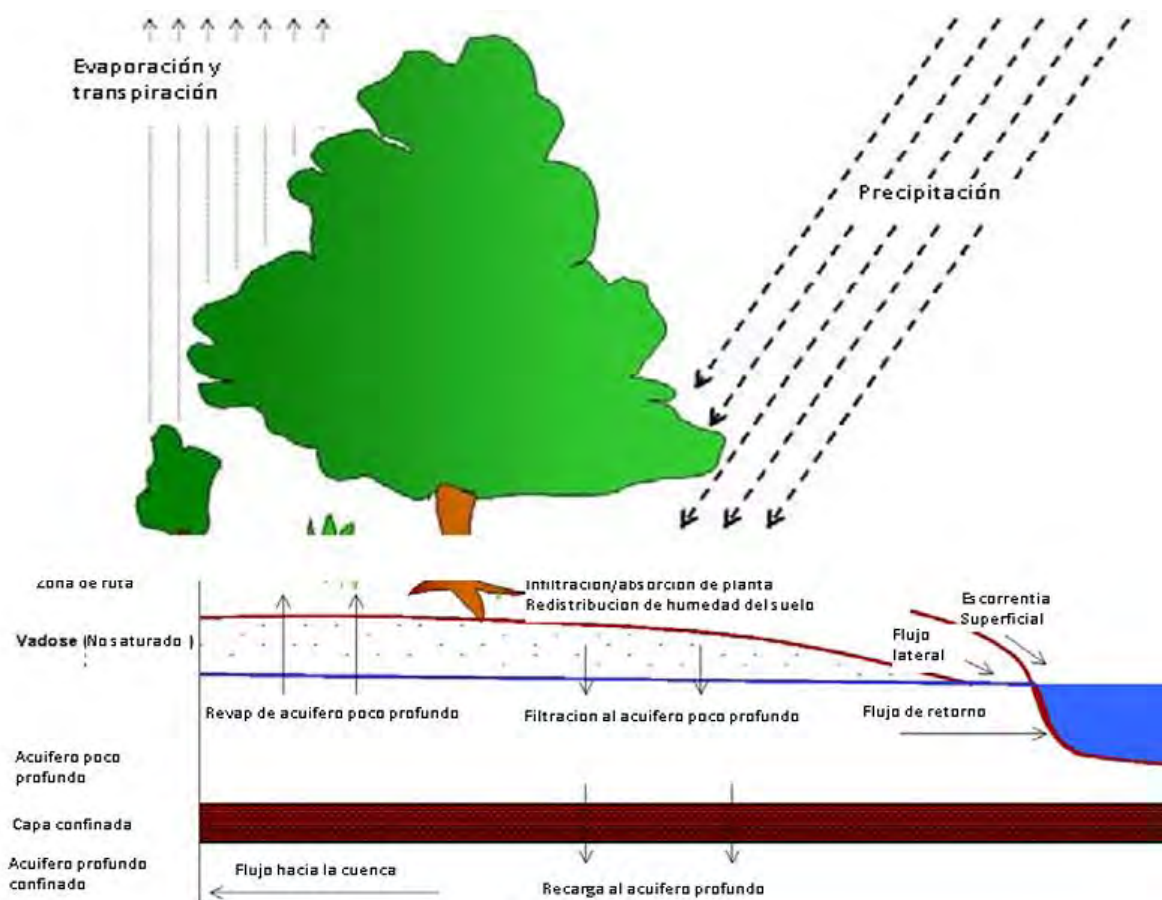
2.2.9.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO SWAT

El modelo Soil and Water Assessment tool (SWAT) fue desarrollado por Dr. Jeff Arnold para el Servicio Agrícola de Investigación (USDA), es un modelo semidistribuido diseñado para el para simular el escurrimiento superficial, flujos superficiales, flujo subterráneo, percolación, evaporación, derretimiento de nieve y retención en reservorios a paso sub diario, diario, mensual y anual.

Este modelo tiene como objetivo predecir la generación de escorrentía, sedimentos y producción agrícolas químicas y como son afectadas por las prácticas de manejo del suelo. El modelamiento con SWAT no está diseñado para simulaciones de solo un evento de flujo detallado, es decir que es un modelo continuo y a largo plazo. Este modelo hidrológico utiliza información de entrada como el clima, características del suelo, topografía, cobertura vegetal y prácticas de manejo de suelo aplicadas en la cuenca de estudio (Neitsch et al., 2005)

Figura 9

Representación esquemática del ciclo hidrológico



Fuente: Neitsch et al. (2005)

Según Neitsch et al. (2005), el modelo SWAT se basa en la ecuación de equilibrio del agua que se muestra a continuación.

$$SW_t = SW_0 + \sum (R_{day} - Q_{surf} - Ea - W_{seep} - Q_{gw})$$

Donde:

SW_t : Es el contenido final de agua en el suelo (mmH₂O)

SW_0 : Es el contenido inicial de agua del suelo en un día i (mmH₂O)

R_{day} : Es la cantidad de precipitación en un día i (mmH₂O)

Q_{surf} : Es la cantidad de escorrentía de la superficie en un día i (mmH₂O)

Ea : Es la cantidad de evapotranspiración en día i (mmH₂O)

W_{seep} : Es la cantidad de agua que entra la zona de vadosa del perfil del suelo en un día i (mmH₂O)

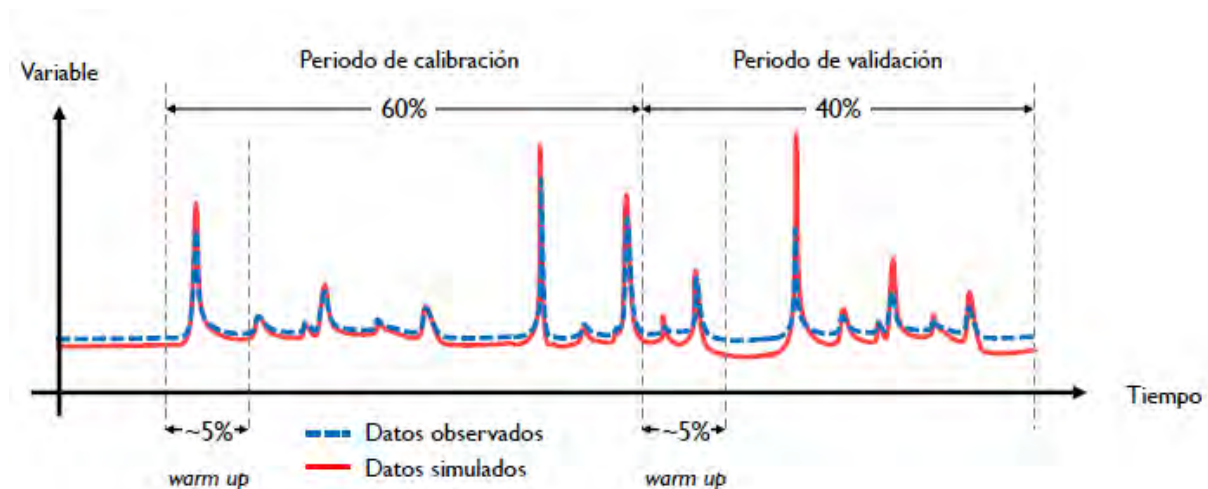
Q_{gw} : Es la cantidad de flujo de retorno en un día i (mmH₂O)

2.2.9.2 CALIBRACION, VALIDACION Y ANALISIS DE SENSIBILIDAD

En el análisis de calibración y validación según la cantidad de datos disponibles, el periodo de calibración corresponderá al 60% del total de datos, y el periodo de validación al 40% de datos. El periodo de calentamiento corresponde al 5% de los periodos de calibración y validación y será descartado al inicio del modelo, posterior a esto, las variables de salida se volverán independientes y se atenuarán siguiendo los parámetros iniciales del modelo (Ochoa et al., 2022).

Figura 10

División de la serie de tiempo de calibración, validación y periodos de calentamiento



Fuente: Ochoa et al. (2022)

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad consiste en evaluar cómo las salidas de un modelo son afectadas por cambios en los datos de entrada, la respuesta a estos cambios se denomina sensibilidad. Un enfoque común es variar un parámetro conservando los demás constantes y verificar las variaciones del resultado (Ochoa et al., 2022).

CALIBRACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS

La calibración del modelo ajusta los datos obtenidos con los observados. “La calibración es un proceso de ensayo y error donde se prueba una configuración de parámetros del modelo y se contrastan los resultados frente a una lista de datos observados y considerados como reales” (Ochoa et al., 2022).

VALIDACIÓN DE MODELO HIDROLÓGICO

La validación es un proceso de demostración para hacer predicciones. “La validación de un modelo indica la confianza de resultados producto de la calibración del modelo, indica a su vez el rendimiento de este modelo calibrado” (Ochoa et al., 2022).

SWAT CALIBRATION AND UNCERTAINTY PROGRAMS

El software SWAT Calibration and Uncertainty Programs fue desarrollado para la calibración de los modelos SWAT, vinculándolo a distintos procesos de optimización, análisis de incertidumbre y sensibilidad incluyendo SUFI2.PSO.GLUE, ParaSOL y MCMC (Abbaspour, 2015).

Algoritmo SUFI-2

El algoritmo Sequential Uncertainty Fitting version 2 (SUFI-2) de SWAT-CUP integrado para calibrar, validar y analizar la sensibilidad e incertidumbre de los modelos hidrológicos como SWAT. SUFI-2 ajusta los parámetros del modelo para que las simulaciones incluyan la mayor parte posible de los datos observados dentro de un rango de incertidumbre del 95% (Abbaspour et al., 2015).

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL MODELO

Se han utilizado los criterios de evaluación para el comportamiento de caudales del modelo hidrológico, los cuales fueron obtenidos del estudio de Moriasi et al. (2015) y adaptados en la **Tabla 2**.

Tabla 2*Criterios de evaluación del comportamiento del modelo*

Criterio de evaluación	Fórmula	Rango	Rendimiento
Coefficiente de determinación	$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}_{obs}) * (Y_i^{sim} - \bar{Y}_{sim})^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}_{obs})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{sim} - \bar{Y}_{sim})^2}}$	$R^2 > 0.85$	Muy bueno
		$0.75 < R^2 \leq 0.85$	Bueno
		$0.60 < R^2 \leq 0.75$	Satisfactorio
		$R^2 \leq 0.6$	Malo
Nash-Sutcliffe Efficiency	$NSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}_{obs})^2}$	$NSE > 0.80$	Muy bueno
		$0.70 < NSE \leq 0.80$	Bueno
		$0.50 < NSE \leq 0.70$	Satisfactorio
		$NSE \leq 0.50$	Malo
Porcentaje de sesgo	$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})}{\sum_{i=1}^n Y_i^{obs}} * 100$	$PBIAS > \pm 10$	Muy bueno
		$\pm 10 < PBIAS \leq \pm 15$	Bueno
		$\pm 15 < PBIAS \leq \pm 25$	Satisfactorio
		$PBIAS \leq \pm 25$	Malo

Nota. Elaboración propia y modificado a partir del estudio Hydrologic and water quality model: Performance Measures and Evaluation Criteria de Moriasi et al. (2015). Donde Y_i^{obs} son datos observados, Y_i^{sim} son datos simulados, \bar{Y}_{obs} es el promedio de datos observados y \bar{Y}_{sim} es el promedio de datos simulados.

2.2.10 CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

2.2.10.1 EL CLIMA

Según la World Meteorological Organization (2022) indica que “El clima se define como las condiciones meteorológicas promedio de un lugar determinado durante un período prolongado, que puede variar desde meses hasta miles o millones de años. La WMO utiliza un período de 30 años para determinar el clima promedio”.

2.2.10.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA

La variabilidad climática es la variación del clima en condiciones medias del clima y otras características estadísticas. Estas variaciones pueden ser internas (como procesos internos naturales o externos) como externas (como el forzamiento externo natural o antropógeno), todas sus escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos (Quintero et al., 2012).

2.2.10.3 CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático esta referido a la modificación que sufre el clima debido a causas naturales, externas o internas a la tierra, antrópicas o pasado geológico durante periodos grandes de tiempo. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático define al Cambio Climático como la modificación al clima producto de actividades humanas (Quintero et al., 2012). .

2.2.10.4 PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO – IPCC

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) estableció el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Este grupo tiene la función de analizar información científica, técnica y socioeconómica del cambio climático de forma detallada, objetiva y transparente de todo el mundo. El IPCC desarrolla informes de evaluación que se conforman de varios volúmenes y proporcionan una información científica, técnica y socioeconómica de las causas, impactos y medidas de respuesta del cambio climático (World Meteorological Organization, 2023).

2.2.10.5 COUPLED MODEL INTERCOMPARISON PROJECT

El Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) busca analizar los cambios climáticos pasados, presentes y futuros, tanto por variabilidad natural como por forzamientos radiativos (CMIP, 2022). El CMIP coordina y compara simulaciones climáticas realizadas de más de 30 centros de investigación en todo el mundo, teniendo en cuenta protocolos y formatos de datos estandarizados. Los resultados multimodelo del CMIP son importantes para la elaboración de los informes del IPCC, los cuales permiten evaluar y predecir el clima global (CMCC, s. f.).

El Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) es la fase más reciente en cuanto a la publicación de datos de salida de modelado para uso general. Esta fase incluye mejoras en la representación de procesos físicos, químicos y biológicos, posee una mayor resolución espacial y los modelos que la conforman tienen mayor sensibilidad climática que modelos anteriores (Intergovernmental Panel On Climate Change [IPCC], 2023).

VÍAS SOCIOECONÓMICAS COMPARTIDAS (SSP)

El CMIP6 evalúa la respuesta climática en cinco escenarios que son las Vías Socioeconómicas Compartidas (SSP), los cuales proporcionan posibles desarrollos antropogénicos para el cambio climático. Según Riahi et al. (2017) indique que las 5 Vías Socioeconómicas Compartidas (SSP) están diseñadas para abarcar futuros con desafíos socioeconómicos que implican mitigación y adaptación al cambio climático:

- a) **SSP1 (Sensibilidad):** Describe futuros donde los desafíos para adaptación y mitigación son bajos.
- b) **SSP2 (Camino intermedio):** Es considerado como central, donde se describe un futuro con desafíos intermedios para la adaptación y la mitigación.
- c) **SSP3 (Rivalidad Regional):** Indica futuros donde los desafíos para adaptación y mitigación son altos.
- d) **SSP4 (Desigualdad):** Es parte de los casos “asimétricos”, se combina desafíos bajos para la mitigación y altos para la adaptación.
- e) **SSP5 (Desarrollo basado en combustible fósiles):** Forma parte también de los casos “asimétricos”, se combina desafíos altos para la mitigación y bajos para la adaptación.

Los caminos de concentración representativos (RPC) son trayectorias que describen los niveles de concentración de efecto invernadero, los escenarios más comunes son el RPC2.6 (emisiones bajas), RPC4.5 (emisiones moderadas), RPC6.0 (Emisiones intermedias) y RPC8.5 (emisiones altas). Los SSP junto con la con (RPC) forman los escenarios integrados que permite conocer la mitigación, posibilidades de adaptación y los impactos de los futuros climáticos y las condiciones sociales (O'Neill et al., 2016). A continuación, se muestran los escenarios más comunes bajo esta combinación.

- a) **SSP1 - 2.6:** Actualiza el escenario RPC 2.6 del CMIP5, también representa el extremo inferior del rango de futuras vías de forzamiento radiativo, produce 2.6 W/m^2 .
- b) **SSP2 - 4.5:** Este escenario representa el medio del rango de futuras proyecciones, actualiza el escenario RPC 4.5 del CMIP5, el nivel de forzamiento radiativo es intermedio con 4.5 W/m^2 .
- c) **SSP4 - 6.0:** Este escenario completa el rango de vías de forzamiento radiativo medio, actualiza al escenario RPC 6.0 del CMIP5, posee un forzamiento radiativo de nivel intermedio con 6.0 W/m^2 .
- d) **SSP5 - 8.5:** Este escenario actualiza el RPC 8.5 del CMIP5, y representa el rango superior más extremo de futuras vías de forzamiento radiativo de 8.5 W/m^2 en el 2100.

MODELOS DE CIRCULACION GENERAL (GCM)

Los modelos de circulación general (GCM) son herramientas útiles para predicción climáticas, estos modelos numéricos simulan los procesos físicos que se desarrollan en la

atmosfera, océanos, criosfera y superficies terrestres. Son herramientas que sirven para proyectar como responde el sistema climático global al aumento de los gases de efecto invernadero. Estos modelos representan el clima a través de una malla tridimensional que cubre todo el planeta, posee resoluciones horizontales entre 250 y 600km, siendo resoluciones bajas para capturar detalles locales que limita la precisión de los análisis de clima, sin embargo con un buen desempeño para análisis continentales o global, predicción climática (Rojas, 2017).

2.2.10.6 TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE ESCALA

Debido a la necesidad para representar patrones climáticos a escala local, debido a la reducida resolución de los Modelos de Circulación General y la limitada capacidad, los investigadores desarrollaron técnicas de regionalización. El objetivo de estos métodos es encontrar una función lineal o no lineal entre los datos observados y los simulados (Astorayme, 2017).

MÉTODO DINÁMICO

El método de ajuste dinámico utiliza el método de área limitada de alta resolución (modelo climático regional) que se encuentra inmerso en el modelo global para mejorar las escalas del modelo, está basado en procesos físicos y dinámicos reales que pueden retroalimentarse entre los modelos globales y regionales, permitiendo obtener información climática en alta resolución de 20 a 60km a partir de modelos globales con resoluciones bajas de 150 km a 300km. La aplicación de este método requiere altos costos computacionales y conocimiento técnico, sin embargo, es fundamental para generar escenarios climáticos más precisos para realizar estudios de impacto y adaptación (Amador, 2007)..

MÉTODO ESTADÍSTICO

Las técnicas de ajuste estadístico utilizan información estadística de series de tiempo históricas y están basados en relaciones empíricas entre las variables climáticas a gran escala y variables locales, usa los modelos globales de bajas resoluciones y construyen escenarios climáticos para sitios específicos o regiones con resoluciones temporales diaria, mensual y estacional. Este método es útil para realizar evaluaciones rápidas de escenarios climáticos, aunque algunos requieren experiencia e información de calidad, permite captar la variabilidad climática permitiendo generar escenarios climáticos locales y analizar riesgos e incertidumbres (Amador, 2007).

CORRECCIÓN DE SESGO

La estadísticas de precipitación y temperatura proyectada, dentro del periodo de

referencia no suelen coincidir con la información observada del mismo periodo, estas pueden influir de forma negativa a las proyecciones futuras de la variable, por este motivo es importante la implementación de los métodos de corrección de sesgo para ajustar estas proyecciones del modelo climático a los datos observados y así mejorar la precisión y confiabilidad de las proyecciones futuras (Soriano et al., 2019).

Tabla 3

Métodos de corrección de sesgo para precipitación y temperatura

Corrección de sesgo para precipitación	Corrección de sesgo para temperatura
- Escalamiento Lineal (LS)	- Escalamiento Lineal (LS)
- Escalamiento de intensidad local (LOCI)	- Escalamiento de la varianza (VARI)
- Transformación de potencia (PT)	- Mapeo de distribución para temperatura usando la función de distribución gaussiana (DM)
- Mapeo de distribución para precipitación usando la función de distribución gamma (DM)	
- Mapeo de cuantiles (QM)	

Fuente: Fang et al. (2015)

a) Escalamiento lineal para precipitación y temperatura

El método de Escalamiento Lineal utiliza valores de corrección mensual que se basan en diferencias de datos observados y los datos sin corregir, tiene como objetivo ajustar la media mensual de los valores corregidos para que coincida con la media mensual de los datos observados (Fang et al., 2015).

b) Mapeo de distribución para precipitación y temperatura

El método de Mapeo de distribución ajusta la distribución de los datos sin procesar para que estos coincidan con los datos observados. Este método es usado para corregir la media, desviación estándar y los cuantiles, además de mantener los datos extremos (Fang et al., 2015).

c) Herramienta de corrección de sesgo CMhyd

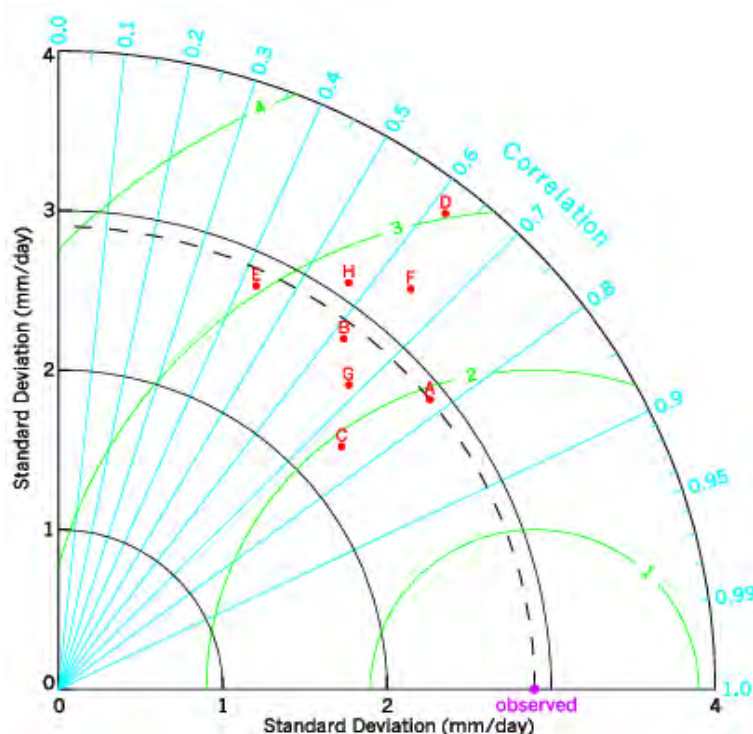
El CMhyd fue desarrollado para generar datos climáticos simulados que representan las condiciones del lugar donde se ubican las estaciones meteorológicas utilizadas en los modelos hidrológicos. Los procesos de corrección de sesgo aplican algoritmos de transformación que ajustan las diferencias de las variables climáticas observadas y las simuladas dentro del periodo histórico, luego corrigen los datos históricos y las proyecciones futuras asumiendo que las condiciones climáticas actuales también son válidas para los datos climáticos futuros (Rathjens et al., 2016).

2.2.10.7 DIAGRAMA DE TAYLOR

Los diagramas de Taylor presentan un resumen estadístico entre los coeficientes de correlación (R), la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y la desviación estándar, y permite comparar un conjunto de variables de distintos modelos, y verificar que tan bien un patrón coincide con la información observada (Taylor, 2005). En la **Figura 11** se muestra un ejemplo del diagrama de Taylor, se observa el coeficiente de correlación (líneas celestes), la raíz del error cuadrático medio (líneas verdes) y la desviación estándar (líneas negras)

Figura 11

Ejemplo del Diagrama de Taylor



Nota. Se muestra un resumen de los coeficientes de ocho modelos climáticos, donde la posición de cada letra cuantifica que tan cerca esta la serie simulada respecto al observado, de esta forma se observa que los modelos A y C coinciden mejor con los observados, siendo el E aquel con peor desempeño. Fuente: Taylor (2005).

A continuación, se muestran los criterios de evaluación del coeficiente de correlación de Pearson (R) y el Raíz cuadrada del error medio cuadrático (RMSE) y su calificación de rendimiento.

Tabla 4*Métrica de evaluación para el diagrama de Taylor*

Estadístico	Fórmula	Valores	Calificación de rendimiento
Coeficiente de correlación (R)	$r = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i^{obs} * Y_i^{sim}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n Y_i^{obs^2}} * \sqrt{\sum_{i=1}^n Y_i^{sim^2}}}$	0	Nula
		0.01 - 0.20	Baja
		0.21 - 0.40	Medio - baja
		0.41 - 0.60	Media
		0.61 - 0.80	Medio - Alta
		0.81 - 0.99	Alta
		1.00	Perfecta
Raíz cuadrada del error medio cuadrático (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{n}}$	Valor inferior a la mitad de la desviación estándar	Satisfactorio

Nota. La métrica de evaluación de la raíz del error medio cuadrático fue adaptado de Ochoa et al. (2022) y la Interpretación del coeficiente de Pearson fue adaptado de Sancho et al. (2015). Donde Y_i^{obs} son datos observados, Y_i^{sim} son datos simulados, n número de datos.

2.2.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.2.11.1 MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

El análisis de frecuencias tiene como propósito estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, para distintos períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, que pueden ser discretos como continuos. En el ámbito estadístico existen diversas funciones teóricas de distribución de probabilidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2014).

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), existen diversas funciones de distribuciones de probabilidad y recomienda las siguientes funciones.

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

Según Hosking y Wallis (1997) recomiendan las distribuciones de probabilidad para caracterizar la relación de magnitudes y frecuencias de eventos.

- Generalizada de Valores Extremos
- Pearson tipo III y Log Pearson tipo III
- Logística Generalizada
- Generalizada de Pareto
- Gaucho
- Generalizada Normal

2.2.11.2 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Una distribución de probabilidad describe cómo se comporta una variable aleatoria, indicando qué tan probable es que tome ciertos valores. Al realizar el ajuste de un conjunto de datos a una distribución, se logra resumir de manera compacta gran parte de la información en la función y en sus parámetros asociados (Chow et al., 1994).

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

a. Prueba Chi-cuadrada (χ^2)

Esta prueba es utilizada para verificar la bondad de las distribuciones normales y log normal, se aplicada dividiendo los datos en k intervalos de clase, y se calcula el parámetro estadístico D, este se contrasta con el valor crítico de la distribución Chi-cuadrado (χ^2) (MTC, 2014).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2}{\varepsilon_i}$$

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)] \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Donde:

θ_i : Es el número observado de eventos en el intervalo i

ε_i : Es el numero esperado de eventos en el mismo intervalo

$F(S_i)$: Es la función de distribución de probabilidad en el limite superior del intervalo i

$F(I_i)$: Es la misma función en el límite inferior

n: Es el número de eventos

m: Son los grados de libertad

α : Nivel de significancia

La hipótesis nula que establece que los datos siguen la distribución teórica es aceptada si se cumple la siguiente expresión:

$$D \leq X_{1-\alpha, k-1-m}^2$$

b. Prueba Kolmogorov-Smirnov

El método de Kolmogorov–Smirnov se utiliza para evaluar la bondad de ajuste de las distribuciones de probabilidad y determinar cuál representa mejor los datos observados. La prueba se basa en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia (D) entre la función de distribución acumulada observada (F_o) y la función de distribución teórica (F) (MTC, 2014).

$$D = \max |F_o(x_m) - F(x_m)|$$

El resultado obtenido se contrasta con un valor crítico (d), el cual depende del tamaño de la muestra y del nivel de significancia elegido. Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula, es decir, que la distribución teórica se ajusta adecuadamente a los datos (MTC, 2014). La función de distribución observada se calcula mediante:

$$F_o(x_m) = 1 - \frac{m}{(n+1)}$$

Donde:

m : Es el orden del dato (de mayor a menor)

n : El número total de observaciones

Tabla 5

Valores críticos d para la prueba de Kolmogorov - Smirnov

TAMAÑO DE LA MUESTRA	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

PRUEBA DE KOLGOMOROV-SMIRNOV PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) para dos muestras independientes es un test no paramétrico utilizado para verificar si dos muestras independientes provienen de la misma distribución subyacente. El propósito principal es contrastar si las distribuciones de las muestras son estadísticamente iguales. Esta prueba al ser no paramétrica, no asume ninguna forma para la distribución de los datos (por ejemplo, normalidad), sino que compara directamente las formas de las funciones de distribución acumulada empírica (ECDF) de ambas muestras y cuantifica la máxima diferencia vertical entre ellas, la cual es el estadístico de prueba KS. Se trata, por lo tanto, de una prueba de bondad de ajuste que evalúa si las diferencias observadas son estadísticamente significativas o si podrían explicarse por variabilidad aleatoria del muestreo (Picard2024, 2025).

c. La hipótesis bilateral

La formulación más común de la prueba de Kolmogorov–Smirnov es la bilateral o de dos colas, en esta prueba se plantea la hipótesis nula (H_0) que indica que ambas muestras provienen de poblaciones con distribuciones idénticas, es decir, que $F(x) = G(x)$ para todo valor de x . Por otra parte, la hipótesis alternativa (H_a) indica que las distribuciones no son idénticas. Este planteamiento permite detectar cualquier diferencia entre las distribuciones, ya sea en su tendencia central, dispersión o forma (Picard2024, 2025).

d. El estadístico KS y el valor p

El estadístico de Kolmogorov–Smirnov (KS) representa la mayor diferencia entre las dos funciones de distribución acumulada empírica (ECDF), es decir, cuanto mayor es este valor, más pronunciada es la discrepancia entre las distribuciones de las muestras. A partir de este estadístico se obtiene el valor p , que indica la probabilidad de observar una diferencia igual o superior si la hipótesis nula fuese cierta. Un valor p bajo (comúnmente menor a 0.05) constituye evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, respaldando la hipótesis alternativa (Picard2024, 2025).

2.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL:

- HG: Los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura disminuirán significativamente debido a la influencia del cambio climático, región Arequipa, 2024.

2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- HE1: El nivel de confiabilidad de los caudales generados por el modelo hidrológico SWAT respecto a la información hidrométrica observada en la estación La Angostura, es óptima para simular condiciones hidrológicas.
- HE2: El modelo climático global UKESM1-0-LL representa mejor el clima de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura.
- HE3: La temperatura y precipitación de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura variarán significativamente debido a la influencia del cambio climático hasta el año 2100.

2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE: CAMBIO CLIMÁTICO

En el presente proyecto de investigación, se utiliza como variable independiente el cambio climático que es el factor que produce la variación de los caudales en la cuenca. Estas condiciones incluyen las variables climáticas de precipitación, la temperatura máxima y mínima, y los escenarios climáticos proyectados SSP2-4.5 y SSP5-8.5 del CMIP6, estos se utilizan para analizar las condiciones que afectan el comportamiento hidrológico de la cuenca en el tiempo.

VARIABLE DEPENDIENTE: CAUDALES

En el presente proyecto de investigación, se utiliza como variable dependiente a los caudales de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, debido a que es el resultado que se mide una vez se introduce las variables climáticas. Los caudales simulados y observados son analizados para evaluar el comportamiento de la cuenca hidrológica respecto a las variables climáticas y escenarios proyectados, mostrando así la influencia de la variable independiente en los caudales de la cuenca en estudio.

2.4.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 6

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
<u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u> CAMBIO CLIMÁTICO	Precipitación	Precipitación diaria	mm/día	La precipitación comprende todas las formas en que el agua cae desde la atmosfera hacia la superficie terrestre, ya sea de forma líquida o sólida (Chow et al., 1994).	La precipitación diaria fue obtenida del producto PISCO y de los modelos climáticos del CMIP6 para el periodo 1981–2100, considerando los escenarios futuros SSP2-4.5 y SSP5-8.5. Fueron utilizados como dato de entrada del modelo hidrológico.
		Temperatura máxima diaria	°C	La temperatura máxima diaria, se mide dentro de refugios especiales a 2 metros del suelo, es el registro de la temperatura máxima diaria del aire en un periodo de 24 horas (FAO, 1998).	La temperatura máxima diaria fue extraída de PISCO y del CMIP6 (SSP2-4.5 y SSP5-8.5) en el periodo 1981-2100, a escala diaria, y fue empleada como variable climática de entrada en la simulación hidrológica de la cuenca.
	Temperatura	Temperatura mínima diaria	°C	La temperatura mínima diaria, se mide dentro de refugios especiales a 2 metros del suelo, es el registro de la temperatura mínima diaria del aire en un periodo de 24 horas (FAO, 1998).	La temperatura mínima diaria fue obtenida del producto PISCO y del CMIP6 (SSP2-4.5 y SSP5-8.5) en el periodo de 1981-2100, y fue utilizada para la simulación del comportamiento hidrológico bajo distintos escenarios climáticos.
<u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u> CAUDALES	Caudales	Caudales medios mensuales observados	m³/s	El caudal es la medida del volumen de agua por unidad de tiempo medida en una estación hidrométrica (Chereque, 1989).	Son los caudales registrados en la estación La Angostura que fueron obtenidos de 22 AUTODEMA, fue utilizado para analizar la variación del régimen hidrológico bajo escenarios de cambio climático.
	Caudales Simulados	Caudales medios mensuales simulados	m³/s	El caudal simulado es una herramienta para el análisis de recursos hídricos, permite evaluar la respuesta hidrológica de la cuenca ante variaciones climáticas proyectadas (IPCC, 2021).	Son los caudales simulados a partir de datos climáticos de las estaciones ficticias del producto PISCO y los datos climáticos de los modelos climáticos, para analizar la respuesta hidrológica de la cuenca bajo escenarios de cambio climático.

2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.5.1 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA

En esta sección se realizará la definición de los términos básicos de la cuenca, así como la determinación de los parámetros morfométricos de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la Estación La Angostura. Para determinar los parámetros de la cuenca, se utilizó el software ArcGIS, y se determinó los parámetros para las cuencas principales del río Hornillos y Alto Apurímac, también se presentará el resumen de los parámetros de las cuencas principales y el de las de las subcuencas en los ANEXOS.

Figura 12

Cuencas del río Alto Apurímac y río Hornillos de estudio



2.5.1.1 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

AREA DE DRENAJE (A)

Es la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de una cuenca, está delimitada por la divisoria de aguas donde la escorrentía se dirige a un cauce principal (Araque et al., 2019). En la **Tabla 7** se muestra la clasificación de cuencas por su tamaño teniendo de referencia el área de la cuenca.

Tabla 7*Clasificación de cuencas por su tamaño*

Carácter	Área (km²)
Pequeñas	< 50
Medianas	50 a 150
Grandes	> 150

Nota. Se muestra la clasificación de una cuenca considerando el área de la superficie de la cuenca. Fuente: Gámez (2010)

El área de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación la Angostura fue determinada utilizando el software ArcGIS, donde se determinó parcial y total de la cuenca y se obtuvo un área total de drenaje que se muestra en la **Tabla 8**.

Tabla 8*Área de las cuencas del río Alto Apurímac y Hornillos*

Nombre	Área (km²)	Clasificación
Cuenca del Río Hornillos	616.87	Grande
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	673.58	Grande
Área total de la cuenca en estudio	1290.45	Grande

PERIMETRO DE CUENCA (P)

Es un parámetro que se expresa como la longitud que recorre la línea divisora de aguas y contornea el área de la cuenca, esta longitud es medida sobre el plano horizontal y se expresa en metros o kilómetros (Lux, 2016).

El perímetro que delimita las cuencas del área de estudio se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9*Perímetro de las cuencas del río Alto Apurímac y Hornillos*

Nombre	Perímetro (km)
Cuenca del Río Hornillos	153.62
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	153.92
Perímetro total de la cuenca en estudio	260.03

LONGITUD DE LA CUENCA (L_c)

Está definida como la longitud del cauce principal, desde el punto de salida aguas abajo, hasta el punto más lejano aguas arriba (Ibáñez et al., s. f.)

La longitud de las cuencas dentro del área de estudio se muestra en la **Tabla 10**.

Tabla 10

Longitud de las cuencas del río Alto Apurímac y Hornillos

Nombre	Longitud de la cuenca (km)
Cuenca del Río Hornillos	40.92
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	35.36
Longitud de la cuenca de estudio	41.03

ANCHO PROMEDIO (W)

Es la relación entre el área y la longitud de la cuenca (Ibáñez et al. s. f.).

$$w = \frac{A}{L_c}$$

Dónde:

w : Ancho de la cuenca en km

A : Superficie de la cuenca en km²

L_c : Longitud de la cuenca en km

En la cuenca en estudio se determinó el ancho promedio de las cuencas internas utilizando la ecuación anterior reemplazando los valores ya establecidos anteriormente.

Tabla 11

Ancho de las cuencas del río Alto Apurímac y Hornillos

Nombre	Ancho de la cuenca (km)
Cuenca del Río Hornillos	15.08
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	19.05
Ancho de la cuenca de estudio	31.45

2.5.1.2 PARÁMETROS DE FORMA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD

Es un índice adimensional el cual relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo que tenga la misma área de la cuenca. Esta relación toma valores mayores a la unidad, y crece con la asimetría de la cuenca (Lux, 2016). La ecuación para su determinación está definida por:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

K_c : Coeficiente de compacidad o de Gravelius

P : Perímetro de la cuenca en km

A : Superficie de la cuenca en km²

Tabla 12

Formas de la cuenca de acuerdo al coeficiente de compacidad

Clase de forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.5	Oval – Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 ó más de 2	Oval oblonga a rectangular oblonga

Nota. En la tabla se muestra el rango de valores del índice de compacidad y la forma de la cuenca. Fuente: Lux (2016)

En las cuencas interiores de la cuenca de estudio se determinó un coeficiente de compacidad o también llamado índice de Gravelius (K_c) utilizando la expresión anterior, donde los valores se muestran en la

Tabla 13

Área de las cuencas del río Alto Apurímac y Hornillos

Nombre	Índice de Gravelius (K_c)	Forma de la cuenca
Cuenca del Río Hornillos	1.74	Oval oblonga a rectangular oblonga
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	1.67	Oval oblonga a rectangular oblonga
Índice de Gravelius de la cuenca	2.04	Oval oblonga a rectangular oblonga

FACTOR DE FORMA

Mide cuan alargada o cuadrada puede ser una cuenca, se expresa como la relación entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud de la cuenca (Lux, 2016).

$$K_f = \frac{A}{Lc^2}$$

Donde:

- K_f : Factor forma
 A : Área de la cuenca en km²
 Lc : Longitud de la cuenca en km

Tabla 14

Valores interpretativos del factor forma

Valores Aproximados	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy Ensanchada
> 1.20	Rodeando el Desagüe

Nota. En la tabla se muestra los valores del factor de forma y la forma que posee la cuenca según el valor obtenido. Fuente: Delgadillo & Moreno (2014).

El factor forma de la cuenca en estudio es el que indica que tan alargada o cuadrada es una cuenca.

Tabla 15

Valores del factor forma de la cuenca en estudio

Nombre	Factor de forma	Forma de la cuenca
Cuenca del Río Hornillos	0.37	Ni alargada ni ensanchada
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Rio Alto Apurímac	0.54	Ligeramente Ensanchada
Factor forma de la cuenca	0.77	Ensanchada

RECTÁNGULO EQUIVALENTE

Permite representar la forma heterogénea de una cuenca a la misma área y perímetro de un rectángulo mediante una transformación geométrica (Ordoñez, 2011).

$$L = \frac{K_c}{1.12} \times \sqrt{A} \times \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K_c}{1.12} \times \sqrt{A} \times \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

Debiendo verificar:

$$L + l = \frac{P}{2} \text{ (semiperímetro)}$$

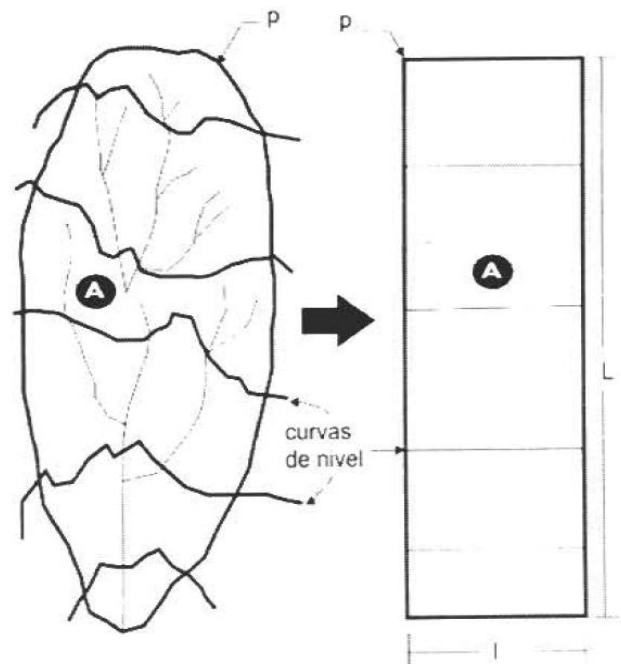
$$L \times l = A$$

Donde:

- L : Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente
- l : Longitud del lado menor del rectángulo equivalente
- K_c : Coeficiente de compacidad o de Gravelius
- A : Área de la cuenca en km²

Figura 13

Transformación de una cuenca en un rectángulo



Nota. En la figura se muestra la forma de equivalencia de una cuenca a un rectángulo. Fuente: Villón (2002).

En la cuenca en estudio se determinó los lados del rectángulo equivalente, los cuales son determinados mediante la ecuación mencionada anteriormente.

Tabla 16

Valores del rectángulo equivalente de la cuenca en estudio

Nombre	Lado mayor (km)	Lado menor (km)
Cuenca del Río Hornillos	67.70	9.11
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	66.89	10.07
Rectángulo equivalente de la cuenca	119.19	10.83

2.5.1.3 PARÁMETROS DE RELIEVE

PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Es un parámetro que tiene relación con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, la contribución del agua subterránea a la escorrentía, el tiempo de escurrimiento y concentración de lluvia en la red de drenaje (Villón, 2002).

- Criterio de ALVORD:

Siguiendo este criterio, la pendiente se calcula mediante la expresión:

$$S = \frac{D(l_1 + l_2 + \dots + l_n)}{A}$$

Simplificando la expresión $L = \sum l$, entonces se tiene:

$$S = \frac{DLcn}{A}$$

Donde:

- S : Pendiente de la cuenca
- D : Desnivel constante entre curvas de nivel en km
- Lcn : Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en km
- A : Área de la cuenca en km²

En la cuenca de estudio, la pendiente media fue determinada a partir de la relación entre el producto de la longitud total de curvas de nivel por el desnivel de las mismas y el área de la superficie de la cuenca, según el criterio de Alvor se determinó la pendiente media de las cuencas, y se muestran en la **Tabla 32**.

Tabla 17*Pendiente media de la cuenca en estudio*

Nombre	Pendiente media (%)
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	0.14
Cuenca del Río Hornillos	0.19
Pendiente media de la cuenca de estudio	0.19

DESNIVEL ALTITUDINAL

Es la diferencia entre la altitud más alta y más baja de la cuenca, está relacionado con la variabilidad climática y ecológica debido a los pisos altitudinales de una cuenca (Ibáñez et al., s. f.).

El desnivel de la cuenca de estudio se calculó mediante la diferencia del punto más alto de la cuenca y el punto más bajo.

Tabla 18*Desnivel altitudinal de la cuenca en estudio*

Nombre	Desnivel altitudinal (km)
Cuenca del Río Hornillos	1.44
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	1.09

CURVA HIPSOMÉTRICA

Es obtenido a partir de las cotas de elevación y el área acumulada entre cotas, lo que permite realizar la caracterización del relieve en la cuenca de estudio (Lux, 2016).

La curva hipsométrica de las cuencas internas del área de estudio es una representación del área acumulada entre cotas, se determinó las curvas para las dos cuencas principales.

- Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Rio Alto Apurímac

Tabla 19

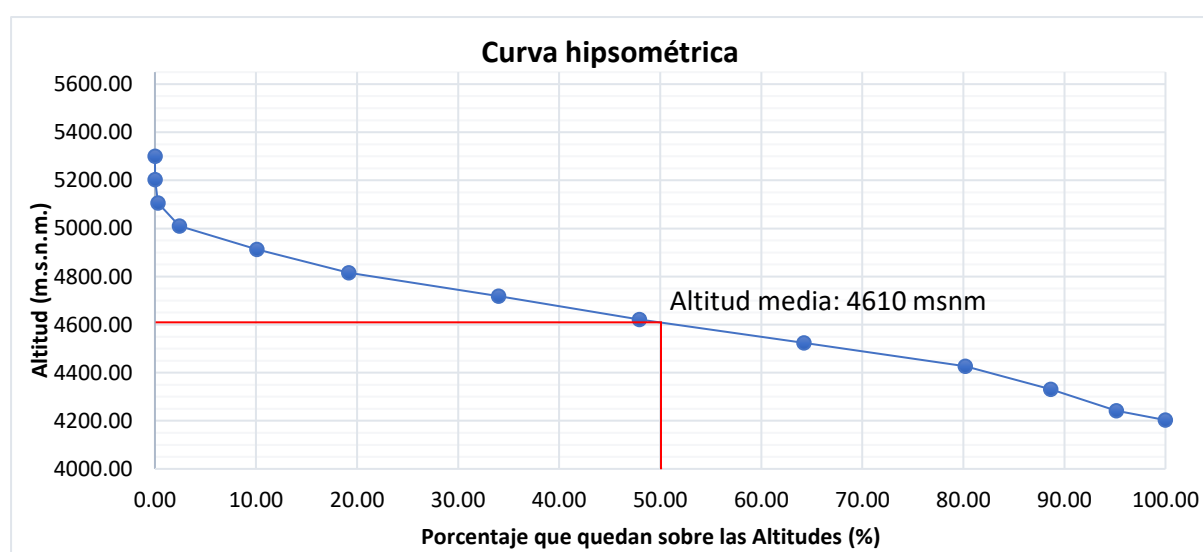
Cálculo de la curva hipsométrica de la intercuenca del Rio Alto Apurímac

Cota menor	Cota mayor	Cota promedio	Área	Área acumulada	Área que quedan sobre las altitudes	Porcentaje de área	Porcentaje que quedan sobre las altitudes
(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(%)	(%)
4203.00	4282.00	4242.50	32.826	32.826	1238.09	4.87	95.13
4282.00	4379.00	4330.50	43.674	76.500	1171.20	6.48	88.64
4379.00	4476.00	4427.50	57.002	133.502	1085.65	8.46	80.18
4476.00	4573.00	4524.50	107.381	240.883	933.36	15.94	64.23
4573.00	4670.00	4621.50	109.643	350.526	706.02	16.28	47.96
4670.00	4767.00	4718.50	93.900	444.426	498.49	13.94	34.01
4767.00	4864.00	4815.50	99.918	544.344	333.78	14.84	19.18
4864.00	4961.00	4912.50	61.182	605.526	210.14	9.08	10.09
4961.00	5058.00	5009.50	51.627	657.153	107.02	7.67	2.43
5058.00	5155.00	5106.50	14.386	671.540	56.72	2.14	0.29
5155.00	5252.00	5203.50	1.921	673.460	27.42	0.29	0.01
5252.00	5349.00	5300.50	0.051	673.512	11.54	0.01	0.00
TOTAL			673.58			100.00	

De donde se obtiene la siguiente representación gráfica.

Figura 14

Curva hipsométrica de la intercuenca del rio Alto Apurímac



- Cuenca del Río Hornillos

Tabla 20

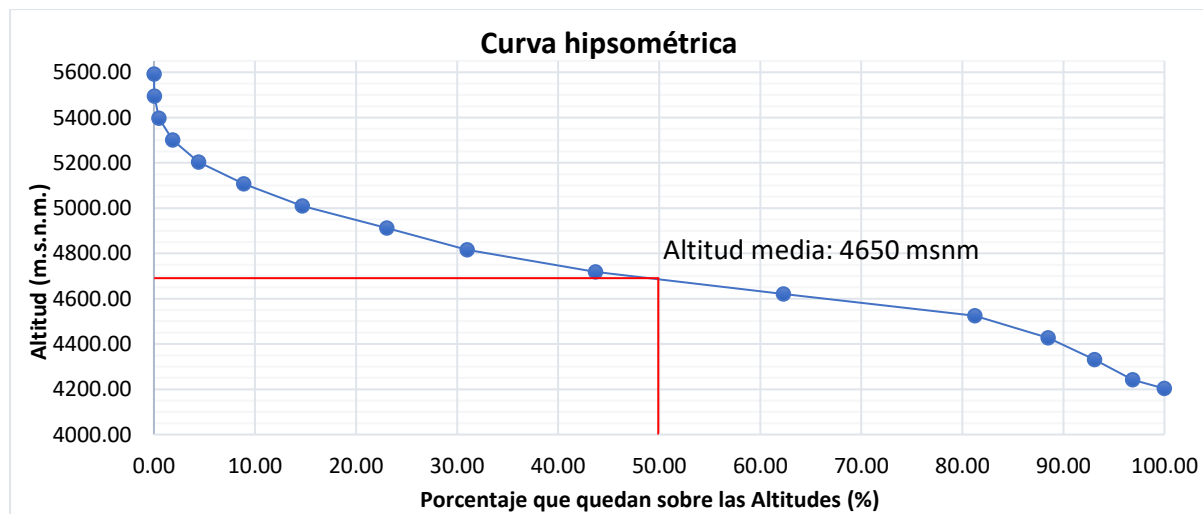
Cálculo de la curva hipsométrica de la cuenca del Río Hornillos

Cota menor	Cota mayor	Cota promedio	Área	Área acumulada	Área que quedan sobre las altitudes	Porcentaje de área	Porcentaje que quedan sobre las altitudes
(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(%)	(%)
4203.00	4282.00	4242.50	19.393	19.393	1238.09	3.15	96.85
4282.00	4379.00	4330.50	23.171	42.564	1171.20	3.76	93.10
4379.00	4476.00	4427.50	28.492	71.056	1085.65	4.62	88.47
4476.00	4573.00	4524.50	44.639	115.694	933.36	7.24	81.23
4573.00	4670.00	4621.50	116.825	232.520	706.02	18.95	62.29
4670.00	4767.00	4718.50	114.641	347.161	498.49	18.59	43.69
4767.00	4864.00	4815.50	78.349	425.510	333.78	12.71	30.98
4864.00	4961.00	4912.50	48.876	474.385	210.14	7.93	23.06
4961.00	5058.00	5009.50	51.530	525.915	107.02	8.36	14.70
5058.00	5155.00	5106.50	35.931	561.846	56.72	5.83	8.87
5155.00	5252.00	5203.50	27.372	589.219	27.42	4.44	4.43
5252.00	5349.00	5300.50	15.805	605.024	11.54	2.56	1.87
5349.00	5446.00	5397.50	8.551	613.575	2.97	1.39	0.48
5446.00	5543.00	5494.50	2.656	616.230	0.31	0.43	0.05
5543.00	5640.00	5591.50	0.299	616.529	0.00	0.05	0.00
TOTAL			616.87			100.00	

De donde se obtiene la siguiente representación gráfica.

Figura 15

Curva hipsométrica de la cuenca del río Hornillos



ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA

Es determinado por la media de las ordenadas de la curva hipsométrica, obteniéndose la altitud donde se encuentra el 50% del área de la cuenca por encima y por debajo de esta (Villón, 2002).

La altitud media de las cuencas de la zona de estudio muestra un patrón general del clima en la zona y se determinó a través de la curva hipsométrica.

Tabla 21

Elevación media de la cuenca en estudio

Nombre	Elevación media (m.s.n.m.)
Cuenca del Río Hornillos	4650
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	4610

2.5.1.4 PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED DE DRENAJE

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL

Es el cauce más largo, está definida como la longitud de su cauce principal desde su nacimiento aguas arriba hasta su desembocadura aguas abajo (Ibáñez et al., s. f.).

La longitud del cauce principal fue definida como la longitud del cauce más largo de la cuenca en estudio, en este estudio corresponde al del río Hornillos, cuya distancia es:

Tabla 22

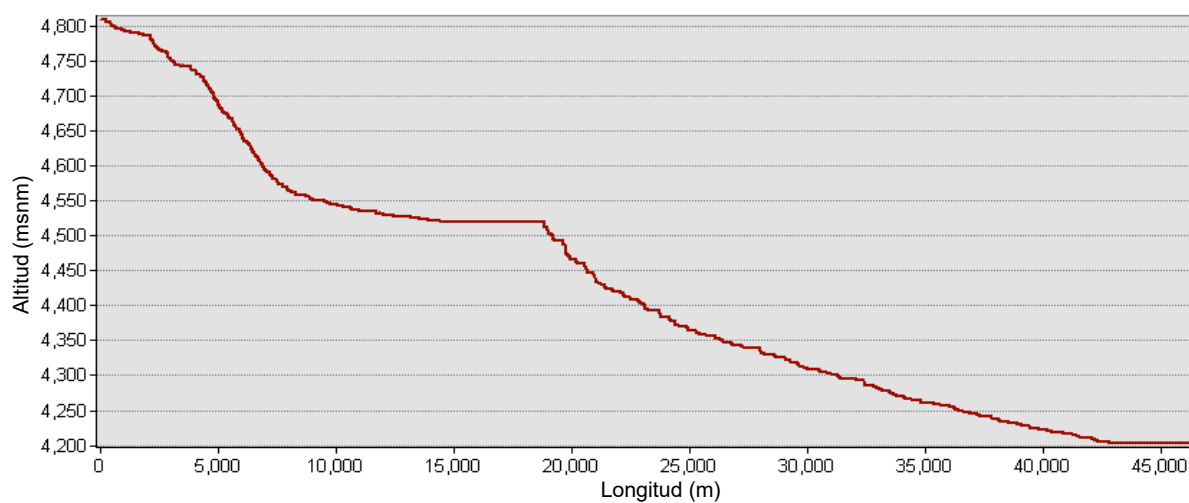
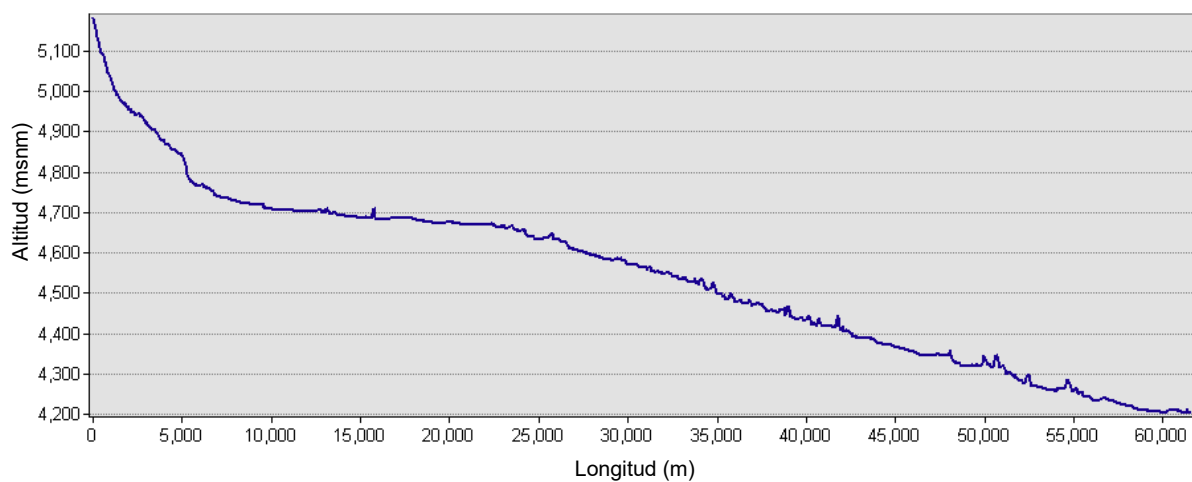
Desnivel altitudinal de la cuenca en estudio

Nombre	Longitud del cauce principal (km)
Cuenca del Río Hornillos	53.92
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	61.62

PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL

Está definida como línea que representa las altitudes desde su nacimiento aguas arriba hasta su salida aguas abajo (Ibáñez et al., s. f.).

El perfil del río principal de la cuenca en estudio, es el perfil del río Hornillos que se muestra en la **Figura 17**.

Figura 16*Perfil longitudinal de cauce del Río Alto Apurímac***Figura 17***Perfil longitudinal de cauce del río Hornillos***DENSIDAD DE DRENAJE**

Está definida como la longitud de las corrientes entre la superficie total de la cuenca. Permite conocer la estructuración de la red fluvial o si existe mayor potencial de erosión (Ibáñez et al., s. f.).

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Donde:

D_d : Densidad de drenaje

A : Área de la cuenca en km²

L_t : Sumatoria de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en km

En la cuenca de estudio, se determinó la densidad de drenaje que se muestra a continuación.

Tabla 23

Densidad de drenaje de la cuenca en estudio

Nombre	Densidad de drenaje (km ⁻¹)
Cuenca del Río Hornillos	0.29
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	0.35
Densidad de drenaje de la cuenca en estudio	0.68

Este valor indica que la cuenca posee baja densidad de drenaje que indica un área con respuesta hidrológica lenta y de drenaje pobre.

PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL

Está definida como la relación entre el desnivel del cauce y la longitud total (Ibáñez et al., s. f.).

$$S = \frac{DA}{Lr}$$

Donde:

S: Pendiente del cauce principal

DA: Desnivel altitudinal en km

Lr: Longitud del cauce en km

La pendiente media del cauce principal de la cuenca en estudio es:

Tabla 24

Pendiente media del cauce de la cuenca en estudio

Nombre	Pendiente media del cauce (m/m)
Cuenca del Río Hornillos	0.013
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Alto Apurímac	0.012

EXTENSIÓN MEDIA DE ESCURRIMIENTO

La extensión media de escurrimiento es la longitud promedio que debe recorrer el agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta llegar al curso principal, en la cuenca en estudio se define:

$$Es = \frac{A}{4 * Lt}$$

Donde:

Es: Extensión media de escurrimiento

A: Área de la cuenca en km²

Lt: Longitud total de corrientes en km

La extensión media de escurrimiento de la cuenca fue determinada por la ecuación anterior, los valores son mostrados en la **Tabla 25**.

Tabla 25

Extensión media de escurrimiento de la cuenca en estudio

Nombre	Extensión media de escurrimiento (km)
Cuenca del Río Hornillos	0.85
Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Rio Alto Apurímac	0.72

Indica que el agua recorrerá 0.85, 0.72 y 0.37 km de longitud en promedio desde el punto más alejado de las cuencas hasta los cauces principales del agua.

2.5.1.5 RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE LA CUENCA

Se muestran la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **Tabla 26** y **Tabla 27** de los parámetros morfológicos de la cuenca de estudio, así como también las dos cuencas principales que la integran.

Tabla 26

Resumen de parámetros morfológicos de la cuenca del río Hornillos

	PARÁMETROS	UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	616.87
	Perímetro de la cuenca	Km	P	153.62
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	40.92
	Ancho de la cuenca	Km	w	15.08
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.74
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.37
	Rectángulo Lado Mayor	Km	L	67.70
	Equivalente Lado Menor	Km	I	9.11
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.14
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	1.4380
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,650.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	53.92
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	180.52
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.013
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.16
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.29
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	0.85
	Tiempo de concentración	min	Tc	462.32
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,641.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,928.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,203.00

Tabla 27

Resumen de parámetros morfológicos de la intercuenca del río Alto Apurímac

	PARÁMETROS	UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	673.58
	Perímetro de la cuenca	Km	P	153.92
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	35.36
	Ancho de la cuenca	Km	w	19.05
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.67
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.54
	Rectángulo Lado Mayor	Km	L	66.89
	Equivalente Lado Menor	Km	I	10.07
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.19
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	1.0900
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,610.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	61.62
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	233.96
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.012
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.11
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.35
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	0.72
	Tiempo de concentración	min	Tc	538.84
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,293.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,930.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,203.00

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Nivel descriptivo: Este estudio tiene como objetivo recopilar información de manera independiente o continua acerca de conceptos o variables, sin intentar establecer relaciones entre las variables. Se busca detallar las propiedades, características y rasgos relevantes de un fenómeno determinado, así como describir tendencias de un grupo o población (Sampieri et al., 2006).

Nivel correlacional: Este estudio tiene como objetivo asociar variables mediante un patrón predecible para un grupo o población (Sampieri et al., 2006).

La presente investigación es descriptiva, debido a que se enfoca en recopilar y analizar los datos de variables climáticas y caudales de la cuenca sin modificar ni alterar la información. El principal propósito es mostrar como estas variables han cambiado en el tiempo, describiendo sus tendencias y comportamientos en los periodos, tanto históricos como futuros. Se detallan las propiedades y patrones del clima y la hidrología en la cuenca, comprendiendo su dinámica, sin que se busque establecer relaciones causales directas.

Asimismo, la investigación es correlacional, porque tiene como finalidad determinar y conocer el grado de relación y asociación que existe entre las variables climáticas y los caudales, bajo los escenarios climáticos futuros analizados.

3.1.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Enfoque cuantitativo: Este tipo de investigación según Sampieri et al. (2006), “usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p. 5).

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo porque está basado en el análisis de datos numéricos y métodos estadísticos para evaluar numéricamente la influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura. Se utilizó las proyecciones de modelos climáticos globales y escenarios futuros para obtener información sobre variables de precipitación, temperatura máxima y mínima. Además, se aplicó técnicas estadísticas para ajustar la información global a escala local, lo cual permite una mejor simulación del modelo SWAT en la cuenca.

3.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño no experimental: En estos estudios no se realiza ninguna manipulación intencional sobre las variables, sino que se observa los fenómenos tal como ocurren en su entorno natural para luego ser analizados (Sampieri et al., 2006).

Diseño longitudinal: Estos estudios recolectan información en diferentes momentos o intervalos de tiempo, para luego realizar inferencias respecto a las variaciones y sus causas y sus consecuencias (Sampieri et al., 2006).

Esta investigación posee un diseño no experimental longitudinal, porque no implica la manipulación directa ni el control deliberado de las variables estudiadas. Esto significa que no se realizan experimentos en un ambiente controlado, sino que se trabaja con información existente y simulaciones para entender la influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura.

Es longitudinal, porque estudia los cambios en las variables climáticas y en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura a lo largo del tiempo. Para ello, se utilizaron datos históricos de precipitación, temperatura máxima y mínima, así como proyecciones futuras bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 de diferentes modelos de circulación general del CMIP6. Estos datos permiten realizar diferentes análisis de tendencias y variaciones temporales de los caudales y entender el impacto del cambio climático en la cuenca hidrológica en estudio.

3.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis de la presente investigación es la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, considerando las variables climáticas e hidrológicas para analizar la variación de los caudales a través del tiempo.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.3.1 POBLACION DEL ESTUDIO

La población del estudio serán todos los datos climáticos e hidrométricos históricos y proyecciones climáticas de la cuenca alta del río Apurímac.

3.3.2 MUESTRA DEL ESTUDIO

La muestra del estudio serán los datos diarios de precipitación, temperatura máxima y mínima, así como los caudales medios mensuales disponibles de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, en el periodo de estudio.

3.4 TIPO DE MUESTREO

El tipo de muestreo es no probabilístico intencional, porque la selección de los datos no fue realizada de forma aleatoria, sino mediante la elección de datos basados en la calidad y disponibilidad de información en la cuenca de estudio. Se seleccionaron datos climáticos, hidrometeorológicos y modelos climáticos globales disponibles para realizar el estudio.

3.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

3.5.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

3.5.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA

La cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas entre las latitudes 15° 31' 36" S y 15° 04' 01" S y longitudes en 71° 56' 53" W y 71° 33' 41" W. En la **Tabla 28** se muestra las coordenadas UTM y geográficas de la cuenca en estudio.

Tabla 28

Coordenadas UTM y geográficas de la cuenca en estudio

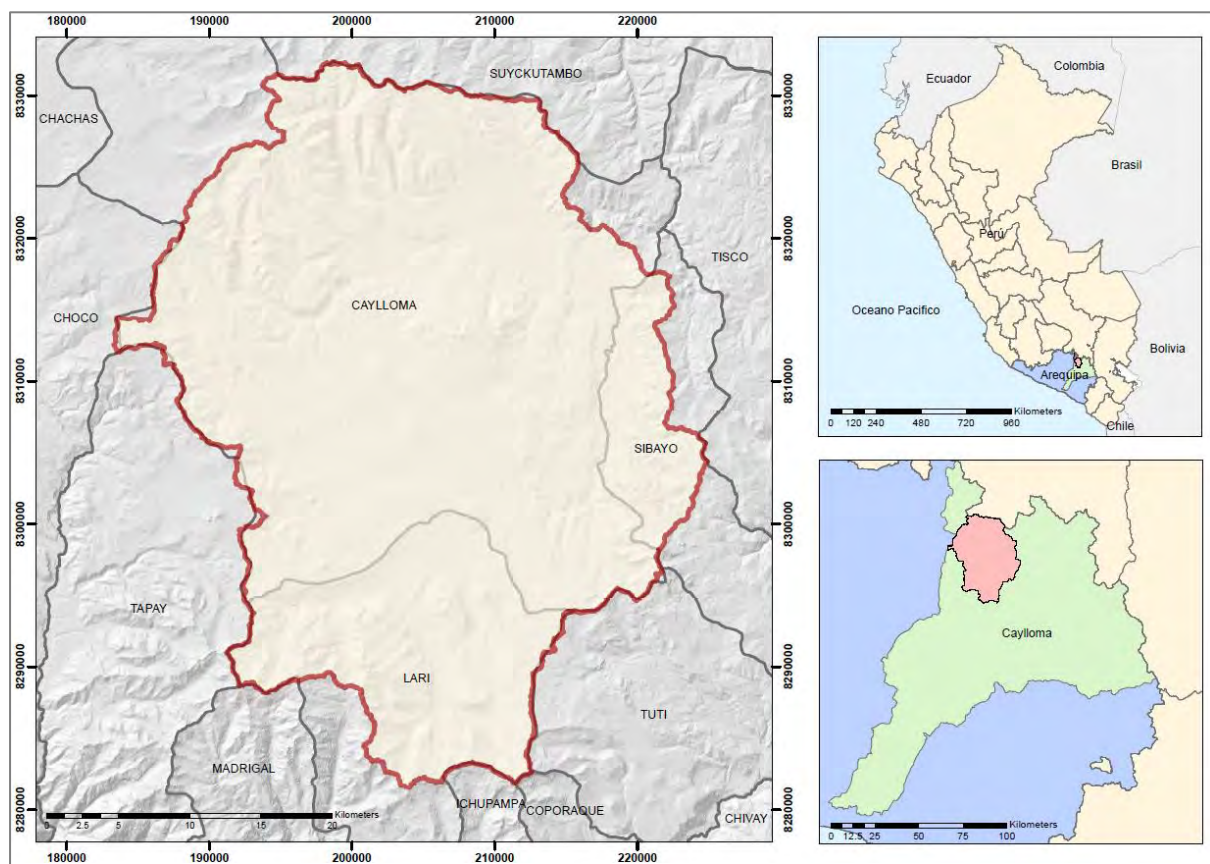
Sistema de coordenadas	Componentes	Valor Mínimo	Valor Máximo
Coordenadas geográficas	Longitud	71° 56' 53" W	71° 33' 41" W
	Latitud	15° 31' 36" S	15° 04' 01" S
Coordenadas UTM (Zona 19S)	X	183331	224957
	Y	8281521	8332334

Para la obtención de datos hidrométricos de la cuenca, se tomará la información de la estación hidrométrica de La Angostura, ubicado en el departamento de Arequipa, provincia de Caylloma, distrito de Caylloma, esta estación fue utilizada como punto de salida de la cuenca en estudio que incluye tres distritos como se detalla en la **Tabla 29**.

Tabla 29

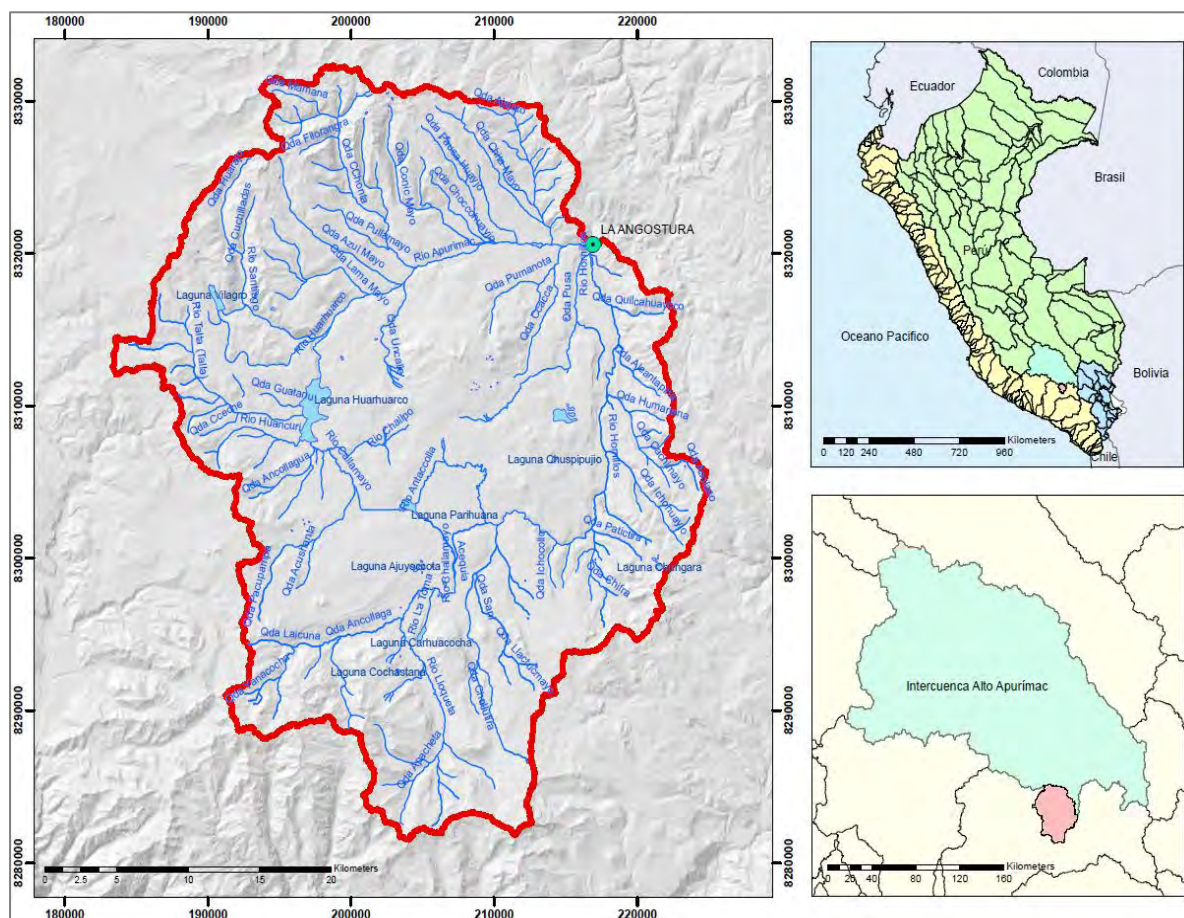
Ubicación política de la cuenca La angostura

Departamento	Provincia	Distrito
Arequipa	Caylloma	Caylloma
		Lari
		Sibayo

Figura 18*Ubicación geográfica y política de la cuenca en estudio***3.5.1.2 UBICACIÓN HIDROGRÁFICA**

La zona de estudio se encuentra en la región hidrográfica del Amazonas y en la intercuenca del Alto Apurímac. El río Apurímac empieza en la región de Arequipa en el distrito de Caylloma a una elevación de 5000 msnm y constituye una de las fuentes principales del río Ucayali, el cual se une con el río Marañón en la región de Iquitos. Este río es conformado a partir del deshielo de los nevados de Ccaccansa, Cutiti, Teclla, Anchaca y Mamacanca, que están ubicados a 5149 msnm. El río Apurímac se dirige hacia el Noreste hasta la confluencia con el río Hornillos. El río Hornillos nace en el nevado Mismi a una altitud de 5100 msnm, y recorre alrededor de 38 kilómetros antes de unirse al río Alto Apurímac (PNUMA et al., 2013).


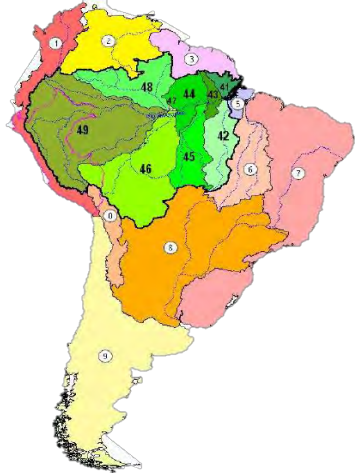

La Intercuenca del Alto Apurímac tiene una superficie de 34532.55 km², y es donde se ubica la cuenca en estudio que comprende un área de 1290.45 km² ocupando el 3.47% de la superficie de la cuenca Alta del río Apurímac. En la **Figura 19** se muestra la ubicación hidrográfica de la cuenca en estudio.

Figura 19*Ubicación hidrográfica de la cuenca de estudio****CODIFICACIÓN DE LA CUENCA – METODO PFAFSTETTER***

La cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura está conformada por dos cauces principales, los cuales conforman dos subcuencas principales y de acuerdo a la codificación y jerarquización según Pfafstetter toman los nombres de Cuenca del Río Hornillos e Intercuenca Alta de la Intercuenca Alto Apurímac.

Tabla 30

Codificación según Pfafstetter - Nivel 1, 2 y 3

NIVEL 1			
Nivel	Código	Unidad hidrográfica	
1	0	Región Hidrográfica 0	
1	1	Región Hidrográfica 1	
1	2	Cuenca Hidrográfica del Rio Orinoco	
1	3	Región Hidrográfica 3	
1	4	Cuenca Hidrográfica del Rio Amazonas	
1	5	Región Hidrográfica 5	
1	6	Cuenca Hidrográfica del Rio Tocantins	
1	7	Región Hidrográfica 7	
1	8	Región Hidrográfica del Rio Paraná	
1	9	Región Hidrográfica 9	
NIVEL 2			
Nivel	Código	Unidad hidrográfica	
2	41	Región Hidrográfica 41	
2	42	Región Hidrográfica del Rio Xingú	
2	43	Región Hidrográfica 43	
2	44	Región Hidrográfica del Rio Tapajos	
2	45	Región Hidrográfica 45	
2	46	Región Hidrográfica del Rio Madeira	
2	47	Región Hidrográfica 47	
2	48	Región Hidrográfica del Rio Negro	
2	49	Región Hidrográfica 49	
NIVEL 3			
Nivel	Código	Unidad hidrográfica	
3	491	Región Hidrográfica 491	
3	492	Región Hidrográfica del Rio Xingú	
3	493	Región Hidrográfica 493	
3	494	Región Hidrográfica del Rio Tapajos	
3	495	Región Hidrográfica 495	
3	496	Región Hidrográfica del Rio Madeira	
3	497	Región Hidrográfica 497	
3	498	Región Hidrográfica del Rio Negro	
3	499	Región Hidrográfica 499	

Nota. Elaborado en base a la codificación de Pfafstetter elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (2012).

Tabla 31
Codificación según Pfafstetter - Nivel 4, 5 y 6

NIVEL 4		
Nivel	Código	Unidad hidrográfica
4	4991	Intercuenca Bajo Ucayali
4	4992	Cuenca del Rio Pachitea
4	4993	Intercuenca Medio Bajo Ucayali
4	4994	Cuenca del Rio Urubamba
4	4995	Intercuenca Media Ucayali
4	4996	Cuenca del Rio Mantaro
4	4997	Intercuenca Medio Alto Ucayali
4	4998	Cuenca del Rio Pampas
4	4999	Intercuenca Alto Ucayali

NIVEL 5		
Nivel	Código	Unidad hidrográfica
5	49991	Intercuenca 49991
5	49993	Intercuenca 49993
5	49995	Intercuenca 49995
5	49996	Cuenca del Rio Santo Tomas
5	49997	Intercuenca 49997
5	49998	Cuenca del Rio Velille
5	49999	Cuenca Alta del Rio Apurímac

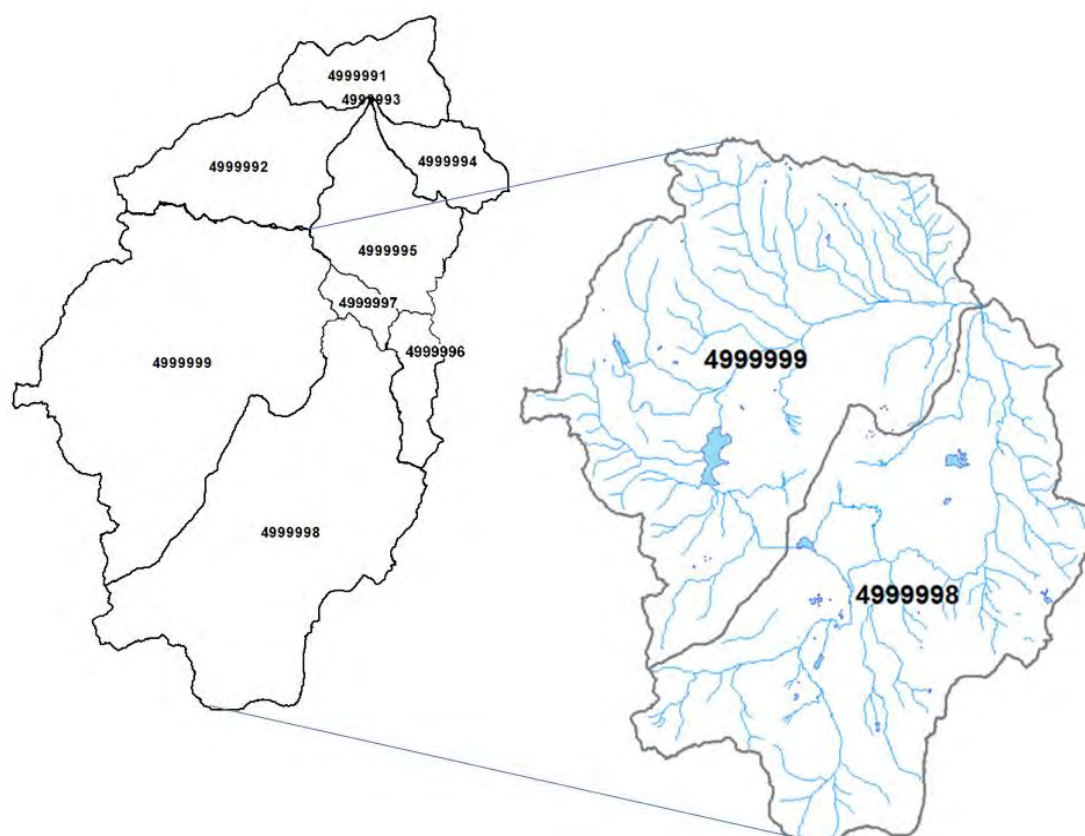
NIVEL 6		
Nivel	Código	Unidad hidrográfica
6	499991	Intercuenca Baja Rio Apurímac
6	499992	Cuenca del Rio Livitaca
6	499993	Intercuenca Salado - Livitaca
6	499994	Cuenca del Rio Salado
6	499995	Intercuenca Qquero - Salado
6	499996	Cuenca del Rio Qquero
6	499997	Intercuenca Sañu - Qquero
6	499998	Cuenca del Rio Sañu
6	499999	Intercuenca Alta Rio Apurímac

Nota. Elaborado en base a la codificación de Pfafstetter elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (2012).

Tabla 32*Codificación según Pfafstetter - Nivel 7*

NIVEL 7		
Nivel	Código	Unidad hidrográfica
7	4999991	Intercuenca Baja de la Intercuenca Alta Río Apurímac
7	4999992	Cuenca Río Cayomani
7	4999993	Intercuenca Cerritambo - Cayomani
7	4999994	Cuenca Río Cemitambo
7	4999995	Intercuenca Palcapampa - Cemitambo
7	4999996	Cuenca Quebrada Palcapampa
7	4999997	Intercuenca Hornillos - Palcapampa
7	4999998	Cuenca del Río Hornillos
7	4999999	Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Río Apurímac

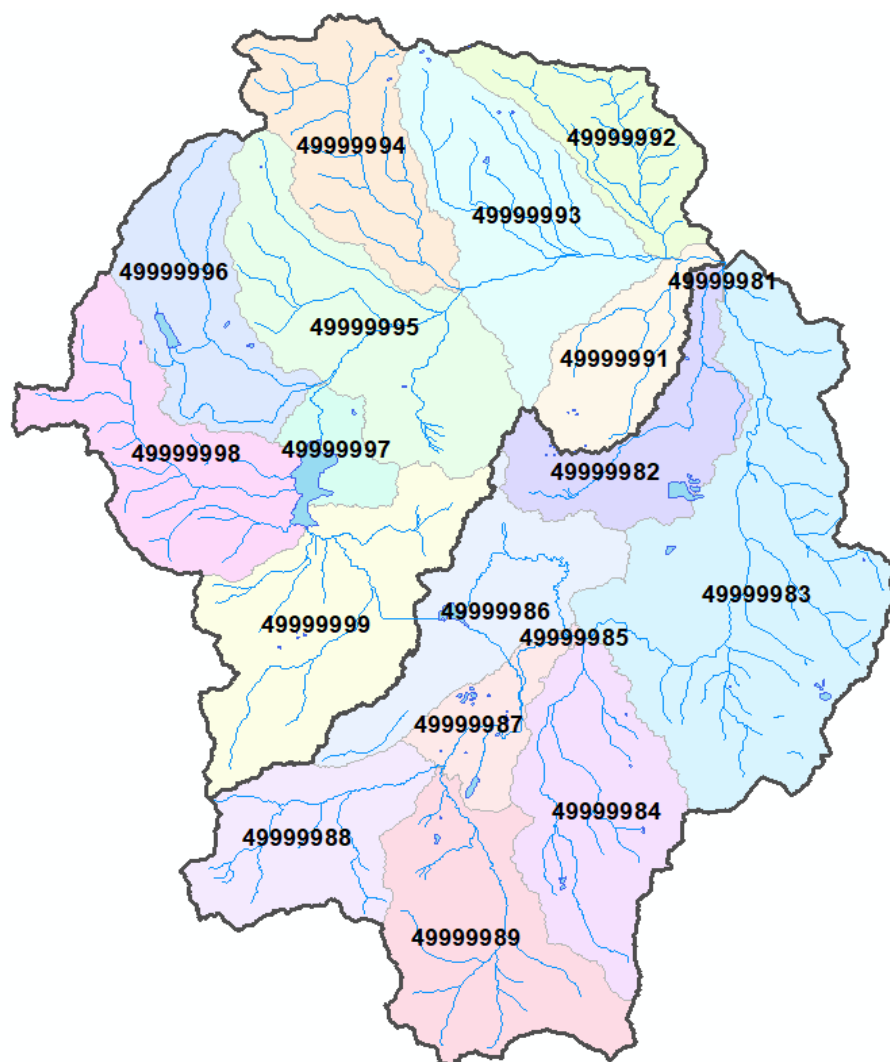
Nota. Elaborado en base a la codificación de Pfafstetter elaborado en Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente et al. (2013)

Figura 20*Clasificación según Pfafstetter - Nivel 7*

Nota. Elaborado en base a la clasificación según Pfafstetter del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente et al. (2013)

Tabla 33*Codificación según Pfafstetter - Nivel 8*

NIVEL 8		
Nivel	Cuenca del Rio Hornillos (4999998)	Intercuenca Alta de la Intercuenca Alta Rio Apurimac (4999999)
8	49999981	49999991
8	49999982	49999992
8	49999983	49999993
8	49999984	49999994
8	49999985	49999995
8	49999986	49999996
8	49999987	49999997
8	49999988	49999998
8	49999989	49999999

Figura 21*Clasificación según Pfafstetter - Nivel 8*

Nota. Elaborado mediante la metodología de codificación Pfafstetter en el nivel 8 de las cuencas del rio Hornillos y Alto Apurímac.

3.5.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El periodo mínimo de estudio sobre el clima debe realizarse con un registro no menor a 30 años. Según el Ministerio del Ambiente (2022):

Para la estimación se utiliza información diaria de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima los cuales deben pasar el control de calidad y contar con al menos 30 años de información continua, y en la medida de lo posible correspondientes a las décadas más recientes. (p. 23)

El estudio está delimitado de forma temporal en el periodo comprendido entre los años de 1981 y el 2100, debido a la disponibilidad de registros meteorológicos, hidrometeorológicos e información de modelos climáticos globales proyectados que fueron descargados en enero del 2025. En la Tabla 34 se muestra el periodo de tiempo del estudio.

Tabla 34

Periodo de tiempos para el estudio

Datos	1981 ... 2016	2017 ... 2100
Caudal	Observados	Simulados
Precipitación	PISCO-SENAMHI	GCM (SSP2-4.5 y SSP5-8.5)
Temperatura	PISCO-SENAMHI	GCM (SSP2-4.5 y SSP5-8.5)

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Para la información meteorológica de la precipitación, temperatura máxima y mínima a escala diaria se utilizó el producto grillado PISCO-SENAMHI, el cual posee un registro desde enero de 1981 a diciembre del 2016, que es el periodo de la versión más estable hasta la fecha. La información de las tres variables están en formato netCDF (ver **Tabla 35**), las cuales fueron obtenidas a través del servidor SENAMHI HSR PISCO y a través del enlace <https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/?Set-Language=es>, los archivos de esta plataforma abarcan todo el territorio peruano.

Tabla 35

Datos meteorológicos para el estudio

Dato	Fuente	Formato	Resolución
Precipitación	PISCO-SENAMHI	.nc	0.1° (~10km)
Temperatura máxima	PISCO-SENAMHI	.nc	0.1° (~10km)
Temperatura mínima	PISCO-SENAMHI	.nc	0.1° (~10km)

3.6.2 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Se utilizó la información hidrometeorológica de la estación La Angostura obtenida de la Autoridad Autónoma de Majes (AUTODEMA), que se encuentra en el punto de Aforo de la cuenca de estudio, la estación posee un registro de caudales medios mensuales desde enero de 1964 hasta diciembre del 2016.

En la **Tabla 36** se muestra las coordenadas geográficas y UTM de la estación La Angostura y en el **ANEXO N° 29** se muestran los datos de caudales medios mensuales fueron proporcionados por la entidad de AUTODEMA.

Tabla 36

Coordenadas UTM y geográficas de la cuenca en estudio

Estación	Sistema de coordenadas	Componentes	Valor
La Angostura	Coordenadas geográficas	Longitud	71° 39' 00" W
		Latitud	15° 10' 49" S
	Coordenadas UTM (Zona 19S)	X	215257
		Y	8320009

Nota. Elaboración propia basado en la información de AUTODEMA

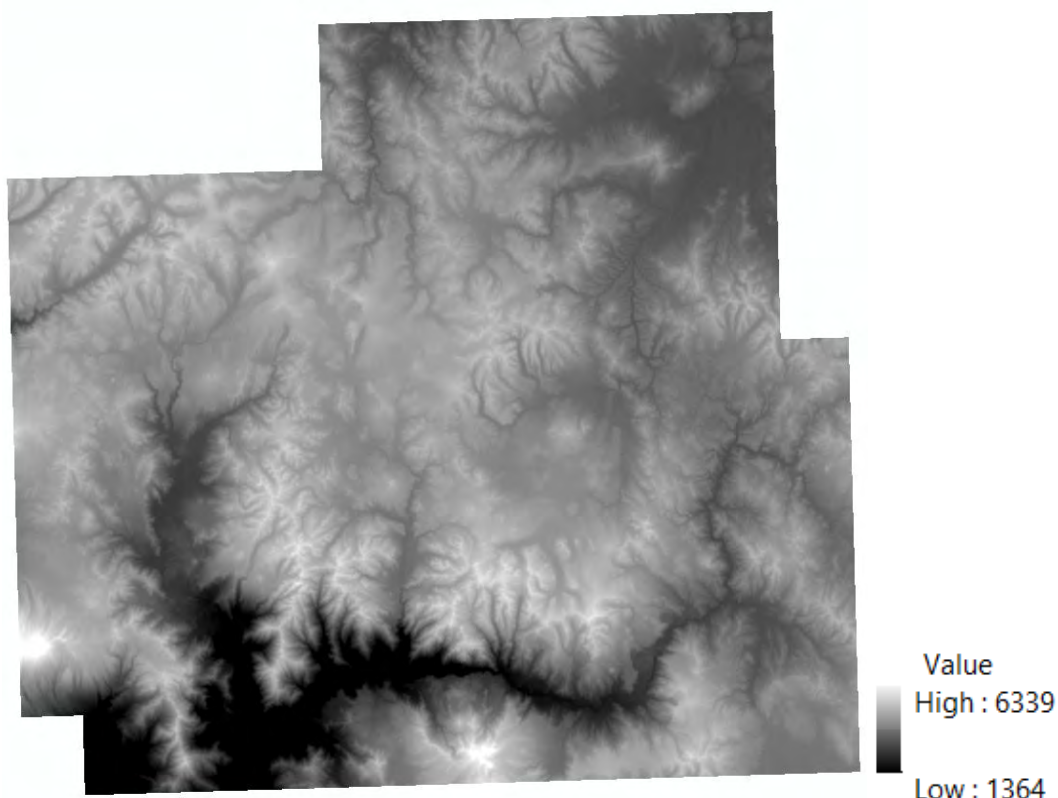
3.6.3 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

3.6.3.1 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL

Se utilizó el Modelo de Elevación Digital (DEM) descargados de imágenes satelitales de Alos Palsar con una resolución de 12.5m x 12.5m, obtenidas de la plataforma Earth Data – Alaska Satellite Facility de la NASA con el enlace <https://search.asf.alaska.edu>, donde se ubicó la zona en estudio, descargando cuatro imágenes que cubrían el área de estudio.

- AP_27278_FBS_F6880_RT1
- AP_27278_FBS_F6870_RT1
- AP_21392_FBS_F3930_RT1
- AP_26184_FBS_F6870_RT1

Las cuatro imágenes satelitales en formato ráster, fueron georreferenciadas en el sistema de proyección UTM 19S y Datum WGS1984, luego utilizando el software ArcMap se combinó y se llenó los espacios vacíos que pudo tener el DE. Este último es el que fue utilizado para realizar la delimitación y determinación de los parámetros de la cuenca.

Figura 22*DEM de la zona de estudio*

Nota: En base a la información de Earth Data – Alaska Satellite Facility de la NASA.

3.6.3.2 COBERTURA VEGETAL

Para el análisis de coberturas vegetales fue utilizada el Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Arequipa, elaborado por la Autoridad Regional Ambiental del gobierno regional de Arequipa, encargado del inventariado y evaluación del patrimonio natural. Este mapa de cobertura de suelo fue obtenido de la plataforma del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), mediante el enlace <https://sinia.minam.gob.pe/mapas> (ver **ANEXO N° 27**).

3.6.3.3 TIPO DE SUELO

El mapa de tipo de suelo utilizado para el estudio, fue obtenido del portal de suelos de la FAO, fue descargado del mapa mundial de suelos de la FAO/UNESCO mediante el enlace <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>. La información de mapa de suelos del portal fue elaborada por edafólogos en el año 1961 a una escala de 1:5000000, el cual otorga información por regiones, para este estudio se utilizó la zona de América del sur (ver **ANEXO N° 28**) (*Portal de suelos de la FAO*, s. f.).

En la **Tabla 37** se muestra un resumen de los datos recolectados de información cartográfica, la fuente y sus respectivos formatos.

Tabla 37

Datos para el modelo SWAT

Dato	Fuente	Formato
Modelo de Elevación Digital	ALOS PALSAR	.tif
Cobertura vegetal del suelo	SINIA	.pdf
Tipo de suelo	FAO	.shp

3.6.4 INFORMACIÓN DE MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL

Para la información de los Modelos de Circulación General (GCM), se utilizó la sexta fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6), para el acceso a la información de los archivos netCDF de los modelos, fue utilizado el enlace <https://esgf-ui.ceda.ac.uk/cog/search/cmip6-ceda/>, que es un nodo del Earth System Grid Federation (ESGF), el cual es gestionado por el Centre for Environmental Data Analysis (CEDA) del Reino Unido.

El nodo de CEDA posee archivos de 156 Modelos de Circulación General en un formato netCDF, cada modelo es proveniente de distintas instituciones a nivel del mundo, los cuales tienen diferentes resoluciones, experimentos, variantes, frecuencias y variables, y posee el periodo histórico desde 1850 al 2014 y el periodo futuro de 2015 al 2100.

3.6.5 SOFTWARE UTILIZADOS

Los softwares utilizados en la presente investigación, además de los programas de office, se detallan en el cuadro siguiente.

Tabla 38*Softwares utilizados en el estudio*

Software	Definición	Uso
ArcGIS	ArcGIS es un software que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir, distribuir, crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG). ArcGIS es utilizada para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios (ArcGIS Resource Center, s. f.)	Se utilizó ArcGIS para la delimitación, determinación de parámetros y generación de mapas de la cuenca, así como el procesamiento de información.
ArcSWAT	Es la extensión de SWAT para ArcGIS. Es un paquete de análisis de datos geográficos diseñado para ayudar a generar archivos de entrada SWAT y analizar específicamente información resultante a partir de simulaciones usando las características principales de ArcGIS (Uribe, 2010).	Fue utilizado para realizar simulaciones partiendo de datos climáticos y determinar el impacto del cambio climático en la cuenca de estudio.
Spyder (Phython)	Es un entorno científico escrito en Python que posee paquetes científicos ofreciendo numerosas funciones integradas de edición, análisis y exploración, depuración y creación de datos (Spyder Anaconda.org, s. f.).	Se utilizó para la acceder, extraer y procesar archivos netcdf4 y para la creación gráficos.
SWAT-CUP	Es un programa destinado para la calibración de modelos de SWAT, analizando la sensibilidad de los parámetros (Abbaspour, 2015).	Se utilizó para el análisis de sensibilidad del modelo y la calibración del modelo.
CMhyd	El software CMhyd está diseñado para extraer y corregir por sesgo datos climáticos de los modelos climáticos globales y regionales. Este software utiliza algoritmos de corrección de sesgo para ajustar los datos simulados de los observados (Rathjens et al., 2016).	Fue utilizado para extraer datos de los modelos climáticos globales y realizar la corrección de sesgo en las estaciones de estudio.
EasyFit	Es un software que permite realizar el ajuste automáticamente los datos de una muestra a las distribuciones y seleccionar el modelo con mejor ajuste.	Se utilizó para el ajuste de distribuciones de información de precipitación y temperatura en la validación del producto PISCO.
IBM SPSS Statistics	El software IBM SPSS Statistics, es un paquete que permite realizar el procesamiento y análisis estadístico de grandes cantidades de datos, formula hipótesis y realizar predicciones sobre la base de la información procesada (Departament de Fonaments Clínics - UB, 2024).	Se utilizó para el análisis estadístico de muestras independientes de información de precipitación y temperatura para la validación del producto PISCO.

3.7 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.7.1 METODOLOGÍA PARA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

Utilizando el Modelo de Elevación Digital descrito en el ítem 3.6.3.1, se realizó la delimitación de la cuenca utilizando el software ArcSWAT. El punto de desfogue de la cuenca se colocó a 200 metros aguas debajo de la confluencia del río Alto Apurímac y río Hornillos (ver **Figura 23**), lugar donde se ubicaba la estación La Angostura.

Figura 23

Confluencia de los ríos Apurímac y Hornillos



Nota: En la imagen se muestra la confluencia del río Apurímac con el río Hornillos.

3.7.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Se obtuvieron la información de precipitación, temperatura máxima y mínima del servidor de PISCO en formato netCDF descrito en el ítem 3.6.1. Para definir las estaciones meteorológicas, se determinó el centroide de las cuadrículas de 10km de resolución, definiendo 22 estaciones ficticias influyentes en nuestra cuenta de estudio.

Se extrajeron la información meteorológica de las tres variables precipitación, temperatura máxima y mínima a escala diaria mediante el uso del lenguaje de programación de Python para cada estación ficticia en el periodo de 01 de enero de 1981 al 31 de diciembre del 2016. Se utilizó la plataforma de Análisis de Datos y Recursos Estadísticos para el Agua (ANDREA) del ANA para el tratamiento de la información.

VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE PISCO

La información climática utilizada en el periodo histórico, fueron los datos provenientes del producto grillado PISCO (Peruvian Interpolated data of SENAMHI Climatological and hydrological Observations), desarrollado por el Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) con el objetivo de generar una base de datos continuos y coherente espacialmente de las precipitaciones del Perú.

El producto grillado PISCO, se construye a partir de una mezcla de datos que combina observaciones de estaciones pluviométricas con estimaciones satelitales del producto CHIRP. La validación de PISCOp fue realizada comparando sus valores con registros de las estaciones que no participaron en la interpolación. Los resultados mostraron un buen desempeño, especialmente en las regiones de la costa y sierra, donde se observó una mejora notable en la correlación respecto a CHIRP. En la selva, el rendimiento fue ligeramente menor debido a la menor densidad de estaciones disponibles, lo que limita la representación espacial de la precipitación. En general, PISCOp demuestra una adecuada capacidad para reproducir la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones a escala mensual, respaldando su confiabilidad para estudios hidrológicos y climáticos en el territorio peruano (Aybar et al., 2017).

Para la presente investigación se realizó la validación, comparando la información climática de las estaciones del SENAMHI con los datos del producto PISCO obtenidas para las coordenadas del punto de la estación, utilizando la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov, así como, para dos muestras independientes para la comparación de las distribuciones de la información de las estaciones terrestres y las del producto PISCO, respectivamente. También se realizó el análisis de series diarias mediante los indicadores de desempeño (R^2 , PBIAS, NSE) para conocer su comportamiento a través del tiempo.

Las variables analizadas fueron la precipitación, temperatura máxima y mínima a escala diaria y mensual de las estaciones La Angostura y Caylloma, las cuales cuentan con mayor cantidad de años y se encuentran dentro de la cuenca de estudio.

Tabla 39*Ubicación de las estaciones meteorológicas*

Estación	Longitud	Latitud	Altitud
Estación meteorológica de La Angostura	71° 39' 4.44"	15° 10' 57.11"	4258 m.s.n.m
Estación meteorológica de Caylloma	71° 46' 12.69"	15° 11' 19.78"	4327 m.s.n.m

Nota. En la tabla se muestra las coordenadas de las estaciones utilizadas para la validación de la información del producto PISCO-SENAMHI. Elaboración propia basado en la información de SENAMHI.

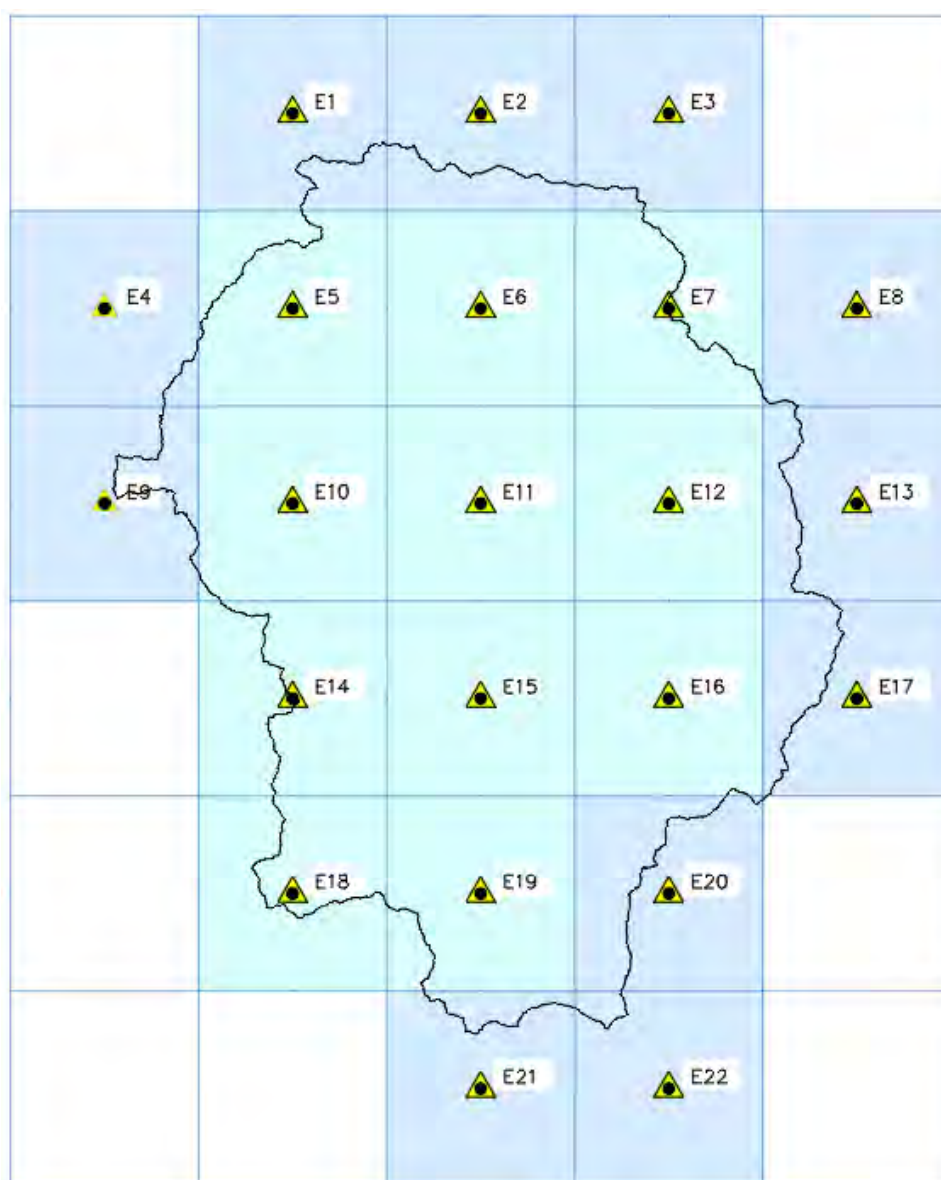
DEFINICIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS FICTICIAS

La información de las estaciones ficticias se obtuvo a partir de los centroides de las celdas del producto PISCO SENAMHI que intersecan de forma total o parcial con el área de la cuenca. Estas celdas fueron seleccionadas por su influencia en la zona de estudio, donde se asignó un punto de referencia en el centroide de la celda, considerado como estación ficticia. De esta forma los HRU's del estudio, pueden incluir la información de la estación ficticia más cercana, garantizando que toda la celda del producto PISCO con presencia dentro de la cuenca sea incluida en el análisis.

En la **Figura 24** se muestra los puntos ubicados en el centroide de cada celda, las celdas en color azul son aquellos donde el punto del centroide (estación ficticia) no se encuentra dentro de la cuenca, sin embargo, el área de influencia de estas celdas, cubren parcialmente un área de la zona de estudio, por lo tanto, se consideró dichos puntos como estación ficticia para una mejor representación de la variabilidad climática.

Figura 24

Centroides de los pixeles de la imagen grilla de PISCO-SENAMHI



Nota. En la figura se muestra los puntos de las estaciones ficticias considerando los centroides de cada celda del producto PISCO.

Al tener esta información se determinó las coordenadas de cada punto, siendo estas las estaciones ficticias que fueron utilizadas para la obtención de la información meteorológica diaria (precipitación, temperatura máxima y mínima) del producto PISCO para la cuenca en estudio. Las coordenadas de las estaciones ficticias se muestran en la **Tabla 40**.

Tabla 40*Ubicación de estaciones ficticias de la cuenca en estudio*

Estación	Sistema de coordenadas Geográficas		Sistema de coordenadas UTM Zona 19S		Altitud m.s.n.m.
	Longitud	Latitud	X	Y	
E1	-71.852	-15.046	193399	8334605	5056
E2	-71.752	-15.047	204099	8334605	4756
E3	-71.653	-15.048	214799	8334605	4500
E4	-71.952	-15.145	182699	8323505	4846
E5	-71.853	-15.146	193399	8323505	4932
E6	-71.753	-15.148	204099	8323505	4572
E7	-71.654	-15.149	214799	8323505	4439
E8	-71.554	-15.150	225499	8323505	4314
E9	-71.954	-15.245	182699	8312405	4928
E10	-71.854	-15.247	193399	8312405	4690
E11	-71.755	-15.248	204099	8312405	4636
E12	-71.655	-15.249	214799	8312405	4364
E13	-71.556	-15.250	225499	8312405	4658
E14	-71.856	-15.347	193399	8301305	4984
E15	-71.756	-15.348	204099	8301305	4679
E16	-71.656	-15.349	214799	8301305	4577
E17	-71.557	-15.350	225499	8301305	4861
E18	-71.857	-15.447	193399	8290205	5287
E19	-71.757	-15.448	204099	8290205	5048
E20	-71.658	-15.449	214799	8290205	4956
E21	-71.759	-15.548	204099	8279105	4806
E22	-71.659	-15.550	214799	8279105	4938

Nota: Esta tabla muestra las estaciones climáticas ficticias que fueron simuladas en la cuenca de estudio con sus coordenadas UTM, geográficas y sus respectivas elevaciones.

Una vez definido las coordenadas de las estaciones ficticias, se utilizó el lenguaje de programación de Python para realizar la descarga de la información de precipitación, temperatura máxima y mínima diaria de la base de datos de PISCO, obteniendo así las series en el periodo de 01 de enero de 1981 al 31 de diciembre del 2016.

3.7.3 METODOLOGÍA PARA EL MODELAMIENTO HIDROLÓGICO SWAT

Se realizó el modelamiento hidrológico utilizando la extensión de ArcSWAT para ArcGIS, utilizando la información del modelo de elevación digital para el área de estudio, se realizó la delimitación de la cuenca utilizando la extensión de ArcSWAT considerando la estación La Angostura como punto de salida de la cuenca. Los métodos de cálculo a utilizarse en el cálculo de componentes del ciclo hidrológico:

- Evapotranspiración Potencial (ETP), se optó por el método de Penman Monteith.
- Infiltración escurrientía, fue utilizado el método de numero de curva del Servicio de Conservación de Suelos (SCS).

3.7.3.1 DATOS DE ENTRADA EN EL MODELO HIDROLÓGICO SWAT

Los datos de entrada para el modelamiento hidrológico con SWAT fueron información de pendientes (creada a partir del modelo de elevación digital), cobertura de suelo, tipo de suelo e información climática, los formatos para cada uno se muestran la **Tabla 41**.

Las Unidades de después Hidrológica fueron creadas utilizando la información de pendientes, cobertura de suelo y tipo de suelo dándoles el tratamiento y codificación para la lectura del software.

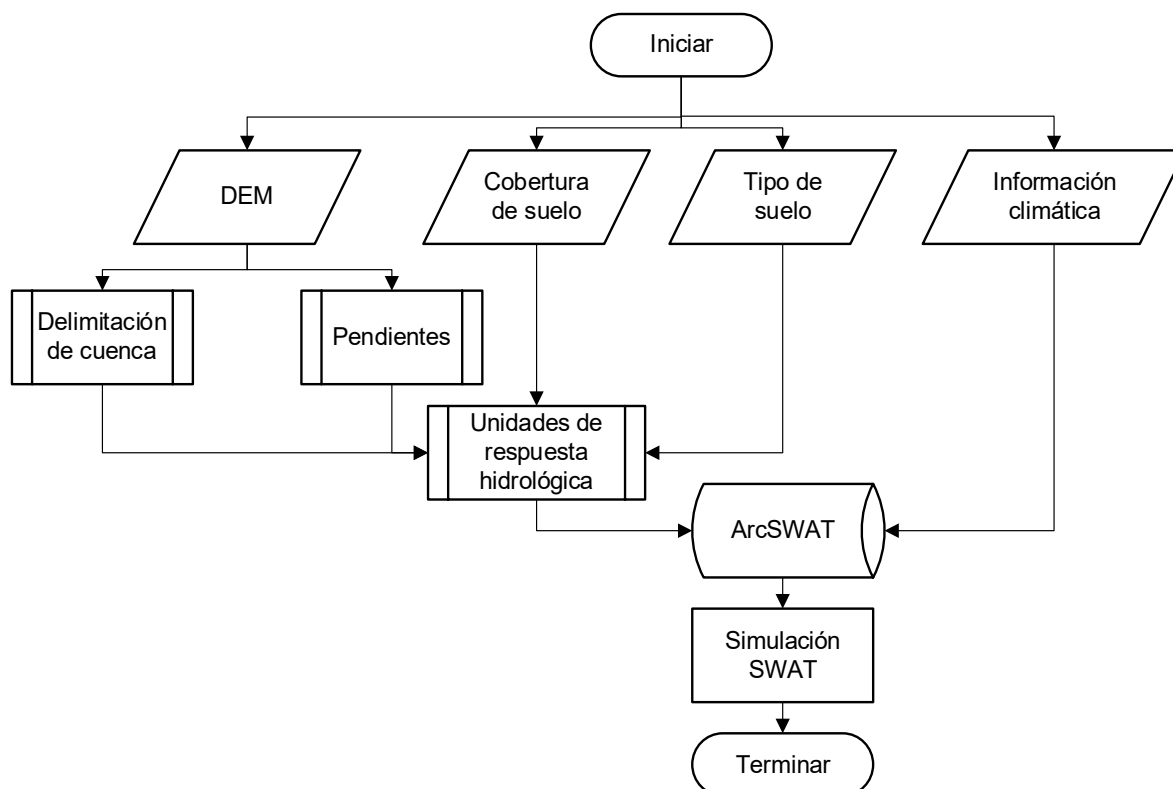
La información meteorológica introducida fueron las variables climáticas de precipitación, temperatura máxima y mínima a escala diaria en formato .txt en el periodo de 1981 al 2016, que es la información disponible del producto grillado PISCO.

Tabla 41

Información requerida por el modelo SWAT

Información requerida	Variable	Formato
Información cartográfica base	Modelo de elevación digital (DEM)	Ráster
Unidades de Respuesta Hidrológica	Pendiente	Ráster
	Tipo de suelo	Shapefile
	Cobertura del suelo	Shapefile
	Precipitación	Texto
Información climática	Temperatura máxima y temperatura mínima	Texto

Siguiendo con la metodología del modelamiento en SWAT, a continuación, se muestra la **Figura 25** el diagrama de flujo que sigue este modelamiento

Figura 25*Secuencia del modelamiento hidrológico SWAT*

3.7.3.2 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO SWAT

En el análisis de sensibilidad del modelo se realizó una revisión bibliográfica de los parámetros más utilizados en investigaciones con el software SWAT, una vez obtenido esta lista de parámetros, se comprobó manualmente los parámetros en el modelo SWAT y se seleccionó los parámetros más influyentes en la cuenca de estudio.

Según Ochoa et al. (2022), los periodos de calibración y validación del modelo son el 60% y 40% del total de datos disponibles, respectivamente, y el periodo de calentamiento para ambos casos será el 5% de los datos del periodo respectivo, teniendo un total de 36 años desde 1981 al 2016. Con el fin de aprovechar la mayor cantidad de datos, el periodo de calentamiento del periodo de validación que es de 1 año será utilizando un año del periodo de calibración, a continuación de muestra la **Tabla 42**, que muestra la distribución de los periodos.

Tabla 42*Periodo de calibración y validación*

Periodo	Porcentaje	Años	Periodo	Años	Rango de años
Calibración	60%	23	Calentamiento	2	1981 - 1982
			Calibración	21	1983 - 2003
Validación	40%	14	Calentamiento	1	2003
			Validación	13	2004 - 2016

La calibración del modelo se realizó en el software SWAT-CUP, obteniendo los parámetros influyentes para la calibración para el modelo, en el periodo de 1981 al 2003, teniendo el periodo de calentamiento de 2 años desde 1981 y 1982. Para verificar la el rendimiento del modelo se utilizó los criterios de evaluación para los caudales mencionados en la **Tabla 2**.

En la validación del modelo se utilizó el periodo de 2003 hasta el 2016, con un año de periodo de calentamiento en el modelamiento en el año 2003, para la verificación, se utilizaron los mismos criterios de evaluación usadas en la calibración.

3.7.4 METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE MODELOS DE CIRCULACION GENERAL

3.7.4.1 OBTENCIÓN DE LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL DEL CMIP6

La información de los modelos de circulación general (GCM) fue descargada de uno de los portales oficiales que proporcionan los datos del CMIP6, el portal de CEDA, este nodo fue descrito en el ítem 3.6.4 proporciona una interfaz de descarga de los modelos climáticos globales, en la **Figura 26** se muestra la interface del nodo.

La información requerida para este estudio fueron las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima que se muestra con mayor detalle en la **Tabla 43**.

Tabla 43*Información disponible para los modelos de circulación general*

Variable	Histórico	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Precipitación	1981 - 2014	2015 - 2100	2015 - 2100
Temperatura máxima	1981 - 2014	2015 - 2100	2015 - 2100
Temperatura mínima	1981 - 2014	2015 - 2100	2015- 2100

Los modelos climáticos deben estar disponible para el área de estudio. Para realizar la selección de los modelos a analizar para este estudio, los modelos climáticos descargados

cuentan con la información descrita en la **Tabla 43** y estén disponibles para su descarga, las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima, para el periodo histórico desde 1981 al 2014, y los 2 escenarios de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas SSP2-4.5 y SSP5-8.5 en el periodo del 2015 al 2100, Los modelos climáticos en este portal de descarga.

Figura 26

Interface del nodo de CEDA

The screenshot displays the WCRP CMIP6 website interface. At the top, there are logos for ESGF@CEDA, NERC, Science & Technology Facilities Council, and IS-ENES. The main header features the WCRP CMIP6 logo and the text 'World Climate Research Programme'. Below this is a navigation bar with links: Home, About Us, Resources, and Contact Us. A 'Technical Support' button is also visible. The main content area is titled 'WCRP Coupled Model Intercomparison Project (Phase 6)'. It includes a 'Search & Download Data' section with a search bar and a 'Go' button. To the right, there is a 'Browse Projects' sidebar with tabs for 'This', 'All', 'My', and 'Tags'. Below the search bar, there is a paragraph of text explaining the project and its goals. A red banner states: 'Datasets from CMIP6 simulations are available through the CMIP6 Search Interface'. Below this, there is a link to 'CMIP6 Data Holdings Summary' and a note about a summary table showing available experiments and models. At the bottom, there is a list of links for additional information about CMIP6, including guidance for users, background information, and terms of use.

ESGF@CEDA Supported by NERC Science & Technology Facilities Council IS-ENES Powered by ESGF and CEDA

Welcome, Guest | Login | Create CEDA Account

You are at the esgf-ui.ceda.ac.uk node

Home About Us Resources Contact Us Technical Support

WCRP Coupled Model Intercomparison Project (Phase 6)

Search & Download Data ?

Simple Text Search Go [More search options](#)

The Coupled Model Intercomparison Project, which began in 1995 under the auspices of the World Climate Research Programme (WCRP), is now in its sixth phase (CMIP6). CMIP6 coordinates somewhat independent model intercomparison activities and their experiments which have adopted a common infrastructure for collecting, organizing, and distributing output from models performing common sets of experiments. The simulation data produced by models under previous phases of CMIP have been used in thousands of research papers (some of which are listed [here](#)), and the multi-model results provide some perspective on errors and uncertainty in model simulations. This information has proved invaluable in preparing high profile reports assessing our understanding of climate and climate change (e.g., the IPCC Assessment Reports).

Datasets from CMIP6 simulations are available through the CMIP6 Search Interface

Also see [CMIP6 Data Holdings Summary](#) for a summary table showing available experiments and models.

The following links will lead to additional information about CMIP6:

- The [guidance for users](#) document (and links therein) should be consulted before downloading data.
- The [WGCM website](#) and [PCMDI-hosted pages](#) provide background information.
- [Eyring et al. \(2016\)](#) have published a CMIP6 overview paper in a *Geoscientific Model Development Special Issue*, which also includes descriptions of each of the CMIP6-Endorsed MIPs. An overview of the design of the infrastructure supporting preparation and distribution of model output is provided by [Balaji et al. \(2018\)](#).
- The [Terms of Use](#) must be followed by all who access CMIP6 model output, so please read them carefully.
- Please register on the [CMIP6 publication database](#) any articles you publish that make use of CMIP6 output.

The complete archive of CMIP6 output is made available for search and download via each of the following portals:

Browse Projects: This All My Tags

Enter Tag: Reset Go

Start typing, or use the 'Delete' key to show all available tags.

CMIP6-CEDA Tags: None

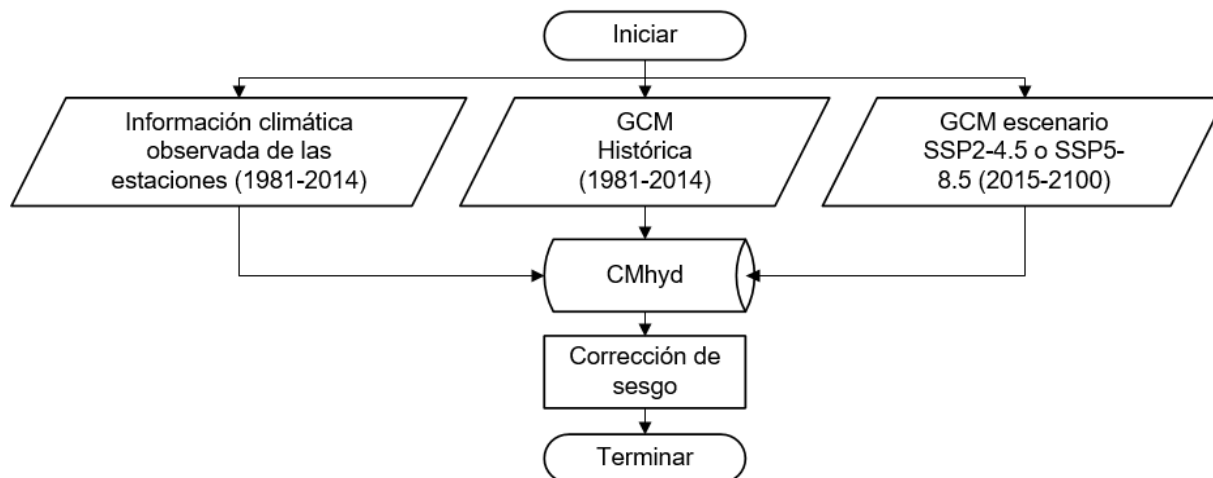
3.7.4.2 REDUCCION DE ESCALA DEL MODELO DE CIRCULACIÓN GENERAL

Una vez obtenido los archivos en netCDF de los diferentes modelos, se realizó la corrección de sesgo con el software CMhyd, en la **Tabla 44** se muestra la información requerida para la aplicación de este software.

Tabla 44*Información requerida para corrección de sesgo con CMhyd*

Información requerida	Variable	Experimento	Formato
Modelo de circulación general	Precipitación	Histórico, SSP2-4.5 y SSP5-8.5	netCDF
	Temperatura máxima		netCDF
	Temperatura mínima		netCDF
	Precipitación		Texto
Información climática	Temperatura máxima y mínima	Histórico	Texto

La corrección de sesgo en este estudio fue aplicado a todas las estaciones ficticias y para cada variable dentro del periodo histórico de los modelos 1981 al 2014. En el procesamiento se seleccionó el método de Mapeo de Distribución para la precipitación y temperatura para la corrección de sesgo, este método corrige la media, desviación estándar y cuantiles manteniendo los extremos, la secuencia metodológica se muestra en la siguiente figura.

Figura 27*Secuencia de la corrección de sesgo con CMhyd*

3.7.4.3 SELECCIÓN DEL MODELO DE CIRCULACIÓN GENERAL

Para seleccionar el modelo con mejor comportamiento respecto a los datos históricos de las estaciones, se utilizó el diagrama de Taylor y los coeficientes estadísticos para realizar la selección de los modelos climáticos más representativos en la cuenca para las variables climáticas de precipitación, temperatura máxima y mínima. Una vez obtenido los modelos climáticos, se realizó la simulación de caudales, a partir de la información climática de los modelos de circulación general previamente seleccionados, para verificar el mejor modelo para el análisis de proyecciones.

3.7.5 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE LAS VARIABLES

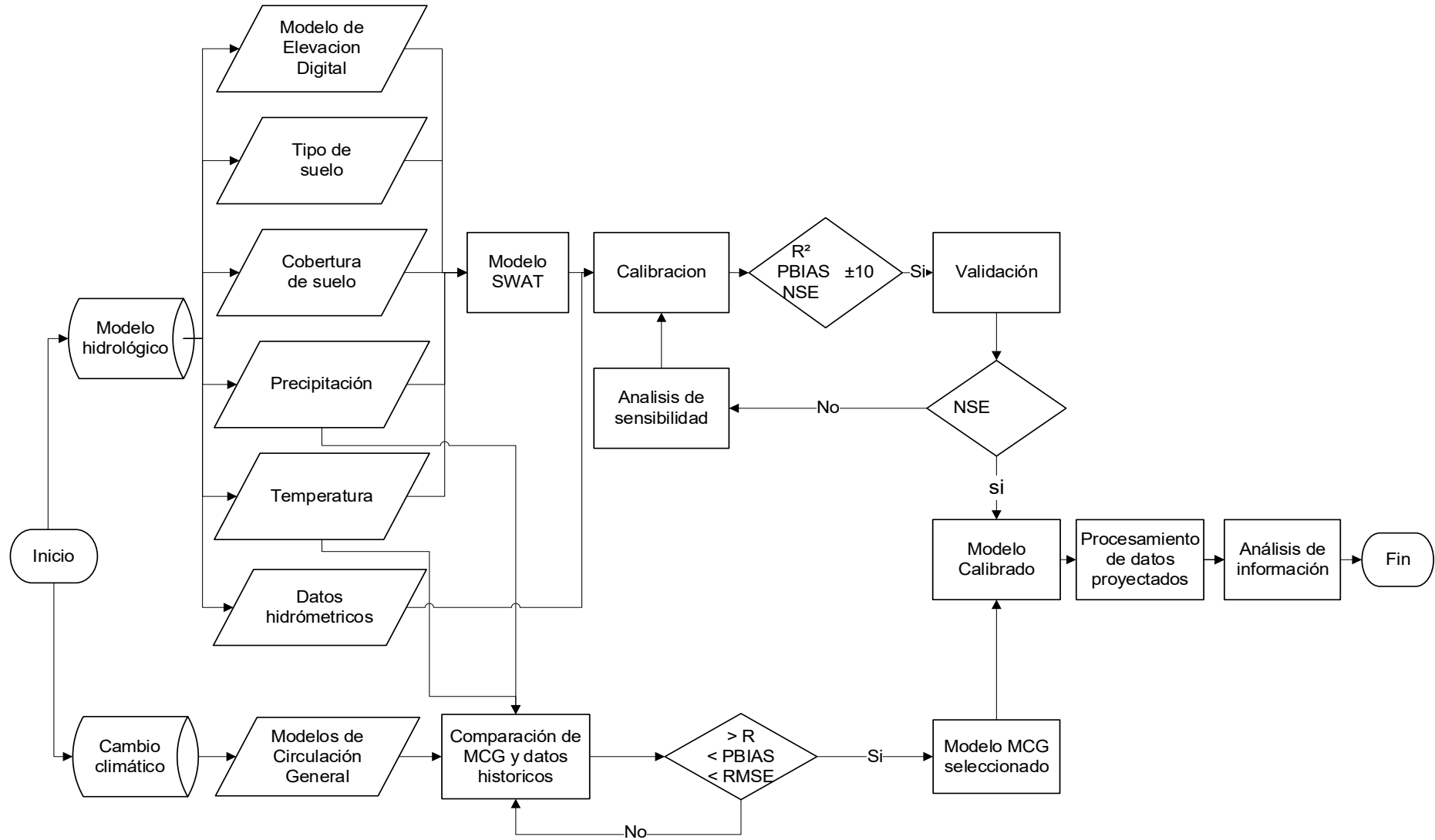
En el análisis de variación de variables por el cambio de climático se determinó la información de precipitación acumulada mensual y precipitación acumulada anual, para la temperatura se utilizó información de temperatura media mensual y anual y para los caudales información mensual y anual. Para el análisis de tendencias se utilizará la información anual para la precipitación, temperatura y caudales para verificar las tendencias en los escenarios futuros.

En el análisis de variaciones, se utilizó la variación porcentual de cada variable respecto al periodo histórico de 1981 al 2016, verificando como varían las variables por el efecto del cambio climático en tres divisiones del periodo futuro. Las proyecciones futuras fueron analizadas a partir del año 2025 y fueron divididas en el futuro cercano desde el 2025 al 2049, el futuro medio, desde el 2050 al 2074, y el futuro lejano desde el 2075 al 2100.

Se cuantificó las tasas de incremento o disminución, utilizando herramientas visuales como gráficos lineales y diagramas de barras para visualizar la variación de las variables de precipitación, temperatura y caudales de las proyecciones futuras, tomando de referencia la información en el periodo histórico.

3.7.6 SECUENCIA METODOLÓGICA DEL ESTUDIO

Etapas para lograr los objetivos de analizar la influencia del cambio climático en los caudales medios mensuales de la cuenca en estudio, en la **Figura 28** se muestra de forma esquemática el flujo de trabajo que se utilizó para realizar la presente investigación.

Figura 28*Flujograma de trabajo*

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 GENERALIDADES

La cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura se encuentra ubicada en el Departamento del Arequipa, abarca la provincia de Caylloma y los distritos de Caylloma, Lari y Sibayo, siendo la cuenca fronteriza con la provincia de Espinar del departamento de Cusco. La cuenca de estudio posee altitudes entre los 4314 y los 5287msnm. La cuenca en estudio se ubica en la cuenca Alto Apurímac y constituye una de las fuentes principales del río Ucayali, siendo parte de la vertiente hidrográfica del Amazonas.

4.1.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE PISCO

Este estudio se realizó utilizando el producto grillado PISCO a escala diaria en el periodo estable desde el 01 de enero de 1981 al 31 de diciembre de 2016. Se utilizó los datos grillados para uniformizar la distribución de estaciones en toda la cuenca y representar el comportamiento de variabilidad climática.

4.1.2.1 COMPARACIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS DEL PRODUCTO PISCO

Para la validación de datos de información de precipitación y temperatura, se realizó la comparación la información observada de las estaciones terrestres con las del producto PISCO. Para ello, se descargó la información de precipitación, temperatura máxima y mínima a escala diaria del producto PISCO para las coordenadas de las estaciones meteorológicas de Caylloma y La Angostura. Se seleccionaron las dos estaciones para la validación, debido a que se encuentran dentro del área de la cuenca, poseen mayor cantidad de años de registro y cuentan con información de estas tres variables climáticas.

La validación de la información de PISCO fue realizada mediante la comparación de estos datos a escala diaria mediante los indicadores de desempeño de R^2 , NSE y PBIAS, y mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov para datos mensuales, verificando la estacionalidad de la información de las estaciones. En la **Tabla 45** se muestran las coordenadas de las estaciones meteorológicas de Caylloma y La Angostura, para los cuales fueron descargadas la información del producto grillado PISCO.

Tabla 45

Coordenadas de las estaciones para validación

Estación	Sistema de coordenadas Geográficas		Sistema de coordenadas UTM Zona 19S	
	Latitud	Longitud	X	Y
Caylloma	-15.185361	-71.768222	202553	8319289
La Angostura	-15.179444	-71.649167	215346	8320102

VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN**e. Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov**

Para validar la información de precipitación del producto PISCO respecto a los observados de las estaciones terrestres La Angostura y Caylloma, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov para verificar a que distribución se ajustan los datos de precipitación (ver **Tabla 46** y **Tabla 47**). Se realizó utilizando el software EasyFit para realizar este análisis.

Tabla 46

Resultados de la prueba de bondad de ajuste de precipitación – Estación La Angostura

MES	FUENTE	DISTRIBUCIÓN	PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN		
ENERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.416	$\sigma = 73.153$	$\mu = 169.52$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.465	$\sigma = 72.074$	$\mu = 174.14$
FEBRERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.381	$\sigma = 75.121$	$\mu = 162.58$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.377	$\sigma = 76.837$	$\mu = 164.1$
MARZO	Estación Terrestre	Normal	$\sigma = 62.569$	$\mu = 144.66$	
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.187$	$\mu = 5.703$	$\gamma = -164.08$
ABRIL	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.153$	$\mu = 5.269$	$\gamma = -143.85$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.065$	$\mu = 6.023$	$\gamma = -362.6$
MAYO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.022	$\sigma = 4.498$	$\mu = 4.298$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.076	$\sigma = 4.067$	$\mu = 4.222$
JUNIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = 0.517	$\sigma = 2.249$	$\mu = 1.037$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = 0.61	$\sigma = 1.283$	$\mu = 0.524$
JULIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = 0.609	$\sigma = 1.559$	$\mu = 0.582$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = 0.598	$\sigma = 1.025$	$\mu = 0.37$
AGOSTO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = 0.476	$\sigma = 4.872$	$\mu = 2.464$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = 0.379	$\sigma = 3.056$	$\mu = 1.672$
SEPTIEMBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = 0.272	$\sigma = 9.917$	$\mu = 8.007$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = 0.253	$\sigma = 9.515$	$\mu = 8.032$
OCTUBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = 0.324	$\sigma = 13.804$	$\mu = 18.563$
	PISCO	Lognormal (2P)	$\sigma = 0.848$	$\mu = 3.071$	
NOVIEMBRE	Estación Terrestre	Gamma (2P)	$\alpha = 1.482$	$\beta = 33.621$	
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.686$	$\mu = 3.779$	$\gamma = -8.002$
DICIEMBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.222	$\sigma = 49.508$	$\mu = 97.704$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.249	$\sigma = 46.453$	$\mu = 94.571$

Tabla 47

Resultados de la prueba de bondad de ajuste de precipitación – Estación Caylloma

MES	FUENTE	DISTRIBUCIÓN	PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN		
ENERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.293$	$\sigma = 59.342$	$\mu = 147.62$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.476$	$\sigma = 51.561$	$\mu = 145.49$
FEBRERO	Estación Terrestre	Lognormal (2P)	$\sigma = 0.346$	$\mu = 5.162$	
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.099$	$\mu = 6.219$	$\gamma = -323.35$
MARZO	Estación Terrestre	Gamma (3P)	$\alpha = 2.062$	$\beta = 39.014$	$\gamma = 47.845$
	PISCO	Gamma (2P)	$\alpha = 8.71$	$\beta = 14.961$	
ABRIL	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.453$	$\sigma = 30.564$	$\mu = 46.213$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.694$	$\sigma = 27.556$	$\mu = 48.783$
MAYO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.241$	$\sigma = 3.938$	$\mu = 4.029$
	PISCO	Normal	$\sigma = 3.362$	$\mu = 5.181$	
JUNIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = 0.579$	$\sigma = 1.016$	$\mu = 0.386$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = 0.557$	$\sigma = 0.659$	$\mu = 0.249$
JULIO	Estación Terrestre	Gamma (2P)	$\alpha = 0.688$	$\beta = 8.387$	
	PISCO	Gamma (2P)	$\alpha = 0.589$	$\beta = 5.882$	
AGOSTO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = 0.414$	$\sigma = 2.375$	$\mu = 1.105$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = 0.336$	$\sigma = 1.813$	$\mu = 0.914$
SEPTIEMBRE	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.838$	$\mu = 2.403$	$\gamma = -2.019$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.719$	$\mu = 2.519$	$\gamma = -3.228$
OCTUBRE	Estación Terrestre	Gamma (2P)	$\alpha = 2.074$	$\beta = 12.959$	
	PISCO	Gamma (2P)	$\alpha = 3.744$	$\beta = 7.281$	
NOVIEMBRE	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.903$	$\mu = 3.148$	$\gamma = 3.155$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = 0.117$	$\sigma = 17.015$	$\mu = 23.178$
DICIEMBRE	Estación Terrestre	Gamma (2P)	$\alpha = 4.58$	$\beta = 24.591$	
	PISCO	Gamma (2P)	$\alpha = 6.29$	$\beta = 17.267$	

En la **Tabla 46** se muestra los resultados del análisis de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov para la estación La Angostura para la variable de precipitación, donde la mayor parte de los meses se ajustan a la misma distribución de datos y tienen parámetros sin diferencias significativas, sin embargo, también se evidencia ligeras variaciones en la forma de distribuciones para los meses de marzo, octubre y noviembre, lo que refleja pequeñas diferencias en la estructura estadística de las series analizadas. De forma similar, en la **Tabla 47** se muestran el resumen de los resultados de la misma prueba para precipitación para la estación de Caylloma, donde se muestran que la mayor parte de los meses poseen distribuciones iguales con parámetros con diferencias no significativas, sin embargo, los meses de febrero, marzo, mayo y noviembre muestran también diferencias en su ajuste a las distribuciones.

Las tablas presentan el resumen de las distribuciones teóricas que mejor se ajustan a las series de precipitación mensual, obtenidas a partir de la prueba de bondad de ajuste

(Kolmogorov-Smirnov). Sin embargo, el hecho de que las muestras presenten distribuciones ajustadas del mismo tipo no implica necesariamente que ambas sigan la misma distribución estadística. Los resultados muestran únicamente las distribuciones que presentan el mejor ajuste individual para cada conjunto de datos (estación terrestre y producto PISCO).

Por ello, la similitud o diferencia entre ambas muestras fue evaluado mediante una prueba de comparación de distribuciones, como el de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes, la cual permite determinar si ambas series provienen o no de la misma distribución poblacional.

f. Prueba de Kolmogorov Smirnov para dos muestras independientes

Se aplicó la prueba de Kolmogorov Smirnov (Prueba K-S) para dos muestras independientes a la información mensual, la misma utilizada en el análisis de bondad de ajuste, utilizando el software IBM SPSS Statistics. Esta prueba no paramétrica compara las distribuciones acumulativas de las precipitaciones mensuales de ambas fuentes, evaluando si son estadísticamente similares.

La prueba de Kolmogorov Smirnov para dos muestras evalúa si las distribuciones de las precipitaciones mensuales de PISCO y las estaciones terrestres provienen de la misma distribución subyacente. Las hipótesis planteadas fueron:

- *Hipótesis nula* (H_0): Las distribuciones de las precipitaciones mensuales de PISCO y las estaciones terrestres son idénticas.
- *Hipótesis alternativa* (H_1): Las distribuciones de las precipitaciones mensuales de PISCO y las estaciones terrestres son diferentes.

El análisis está centrado en las series temporales de precipitación mensual para todos los años disponibles en las dos estaciones, comparando los valores del producto grillado PISCO y los datos observados de las estaciones La Angostura y Caylloma, este análisis se realizó considerando un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, con un nivel de confiabilidad del 95%.

- Si el p-value $> 0.05 \Rightarrow$ Se acepta H_0
- Si el p-value $< 0.05 \Rightarrow$ Se rechaza H_0

Los datos analizados se muestran en el **ANEXO N° 34** y **ANEXO N° 35** para la estación de La Angostura y en el **ANEXO N° 40** y **ANEXO N° 41** para la estación Caylloma.

Los resultados de este análisis se muestran en la **Tabla 48**, indica que no hay

evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0) para todos los meses analizados en ambas estaciones, esto sugiere que las distribuciones de las precipitaciones mensuales de PISCO son estadísticamente similares a las estaciones terrestres para cada mes del año.

Tabla 48

Prueba K-S para precipitación - Estación La Angostura y Caylloma

Mes	Estación La Angostura		Estación Caylloma	
	Decisión	p-value	Decisión	p-value
Enero	Conserve la hipótesis nula.	1.000	Conserve la hipótesis nula.	0.617
Febrero	Conserve la hipótesis nula.	1.000	Conserve la hipótesis nula.	0.617
Marzo	Conserve la hipótesis nula.	1.000	Conserve la hipótesis nula.	0.617
Abril	Conserve la hipótesis nula.	1.000	Conserve la hipótesis nula.	0.925
Mayo	Conserve la hipótesis nula.	0.973	Conserve la hipótesis nula.	0.660
Junio	Conserve la hipótesis nula.	0.699	Conserve la hipótesis nula.	0.925
Julio	Conserve la hipótesis nula.	0.699	Conserve la hipótesis nula.	0.660
Agosto	Conserve la hipótesis nula.	0.486	Conserve la hipótesis nula.	0.925
Septiembre	Conserve la hipótesis nula.	0.973	Conserve la hipótesis nula.	0.999
Octubre	Conserve la hipótesis nula.	0.999	Conserve la hipótesis nula.	0.925
Noviembre	Conserve la hipótesis nula.	0.999	Conserve la hipótesis nula.	0.925
Diciembre	Conserve la hipótesis nula.	0.867	Conserve la hipótesis nula.	0.999

a. El nivel de significación es de 0.050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Nota. Los resultados indican que, para todos los meses de ambas estaciones, se conserva la hipótesis nula, ya que los p-value son mayores a 0.05.

La prueba de Kolmogorov–Smirnov aplicada a las series mensuales de precipitación correspondientes a la estación terrestre y al producto PISCO permitió evaluar si ambas fuentes de información presentan una distribución estadística similar.

Los resultados obtenidos muestran que, para todos los meses analizados, no se rechaza la hipótesis nula para un nivel de significancia de 0.05. Esto indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las distribuciones de las estaciones y el producto grillado PISCO, por lo que se puede asumir que ambas provienen de una misma distribución teórica equivalente.

Este resultado valida la consistencia del producto PISCO respecto a los datos observados en la estación terrestre, evidenciando que las variaciones mensuales de temperatura máxima son representadas adecuadamente por dicho producto en la zona de estudio.

g. Análisis de series mediante indicadores de desempeño R^2 , PBIAS y NSE

El análisis de los indicadores de desempeño fue realizado con la serie completa diaria de la precipitación para las estaciones La Angostura y Caylloma. En la **Figura 29** y **Figura 30** se muestran los resultados de la comparación entre los datos obtenidos del producto PISCO y observados de las estaciones meteorológicas. El periodo para la validación de información diaria fue, para las estaciones La Angostura y Caylloma, desde 01 de enero de 1981 al 30 de septiembre del 2016 y del 01 de abril del 2002 al 31 de diciembre del 2016 respectivamente.

Debido a los resultados, se realizó el análisis para las series diarias, se determinó el coeficiente de determinación, el NSE y PBIAS para las estaciones de La Angostura, estos se muestran en la **Tabla 49**.

Tabla 49

Indicadores de confiabilidad de validación de PISCO - Precipitación

Estación	Indicador	Valor	Rendimiento
La Angostura	R^2	0.92	Muy bueno
	NSE	0.92	Muy bueno
	PBIAS	2.57	Muy bueno
Caylloma	R^2	0.95	Muy bueno
	NSE	0.94	Muy bueno
	PBIAS	3.23	Muy bueno

Obtenido estos indicadores, podemos decir que, en ambas estaciones, los datos de PISCO tienen un ajuste muy bueno respecto a los datos observados, siendo informaciones utilizables para el modelamiento hidrológico.

A continuación, se muestra los gráficos de dispersión (ver **Figura 29** y **Figura 30**) e histograma (ver **Figura 31** y **Figura 32**) de la comparación entre las series de datos de la estación terrestre La Angostura y los del producto grillado PISCO.

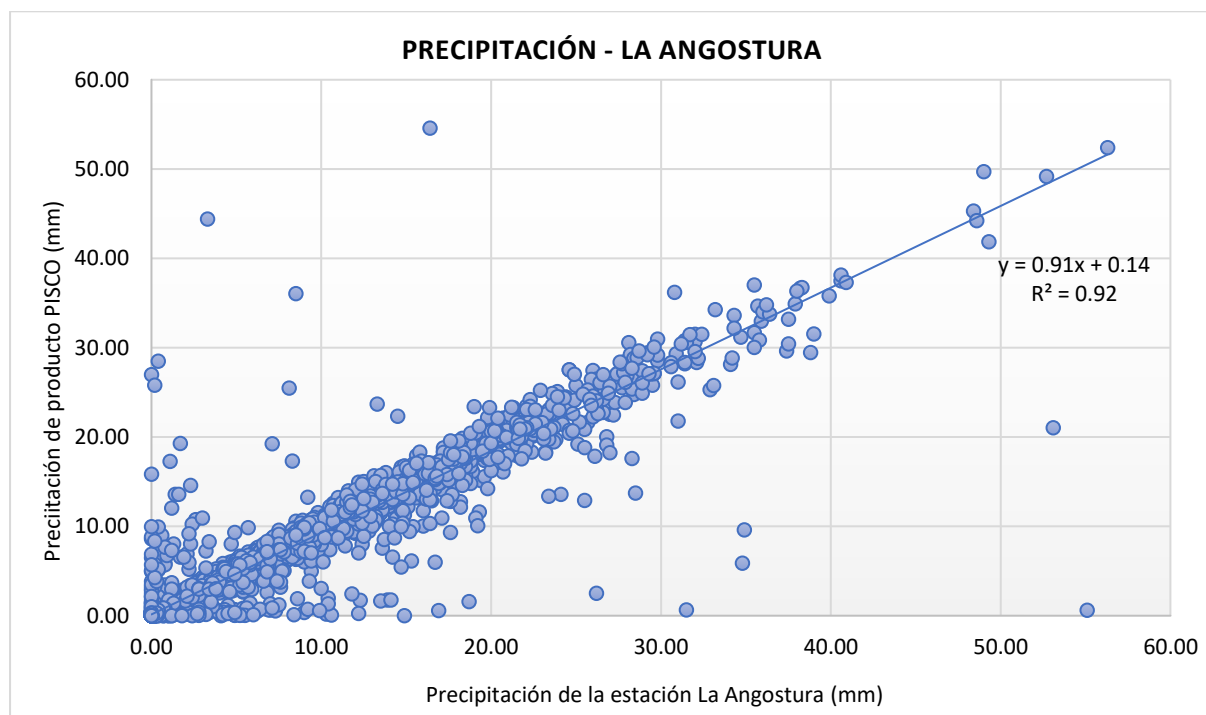
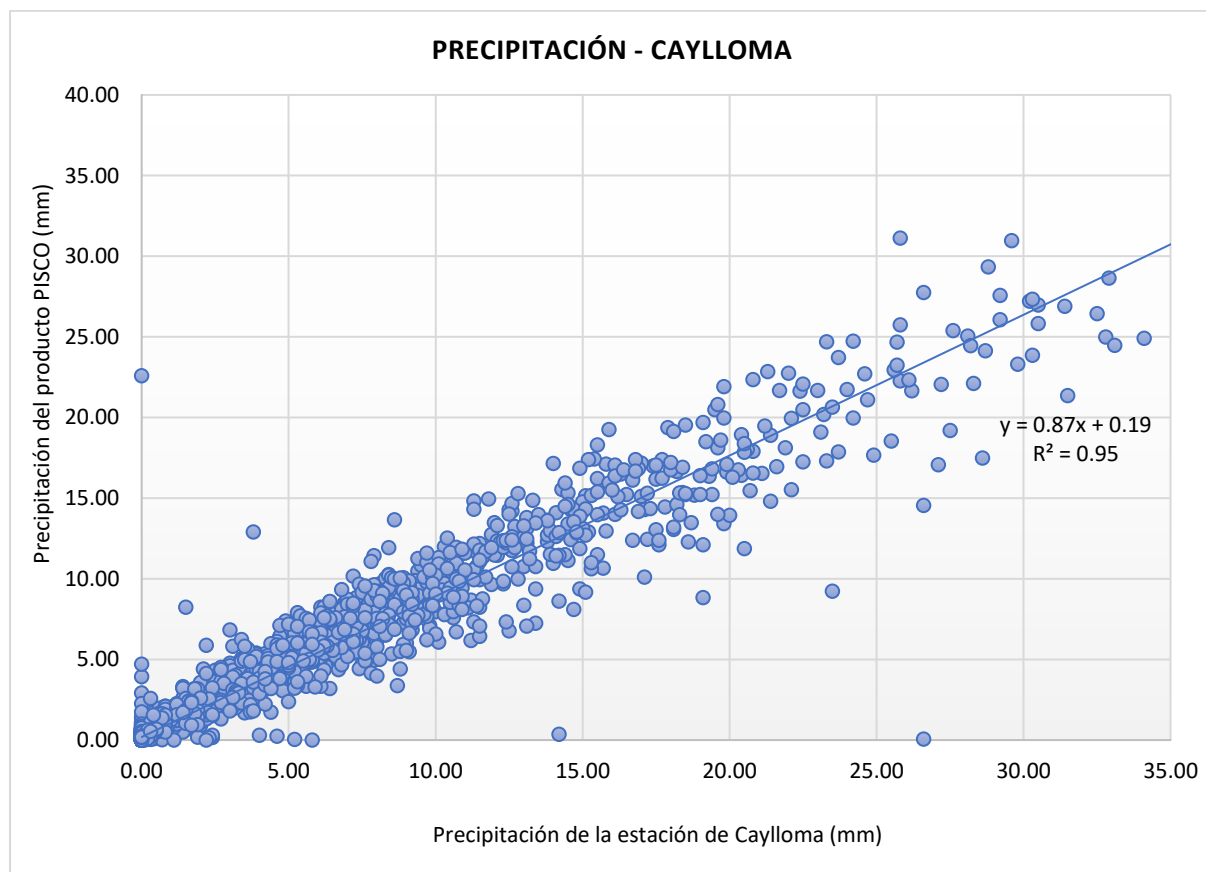
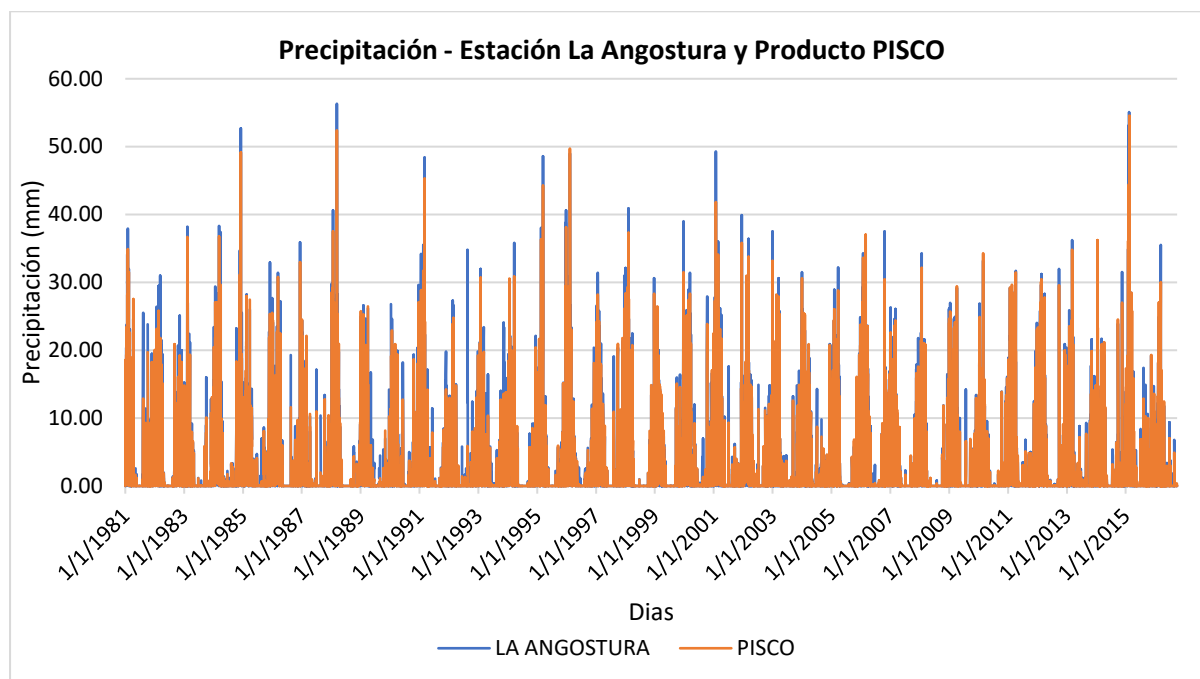
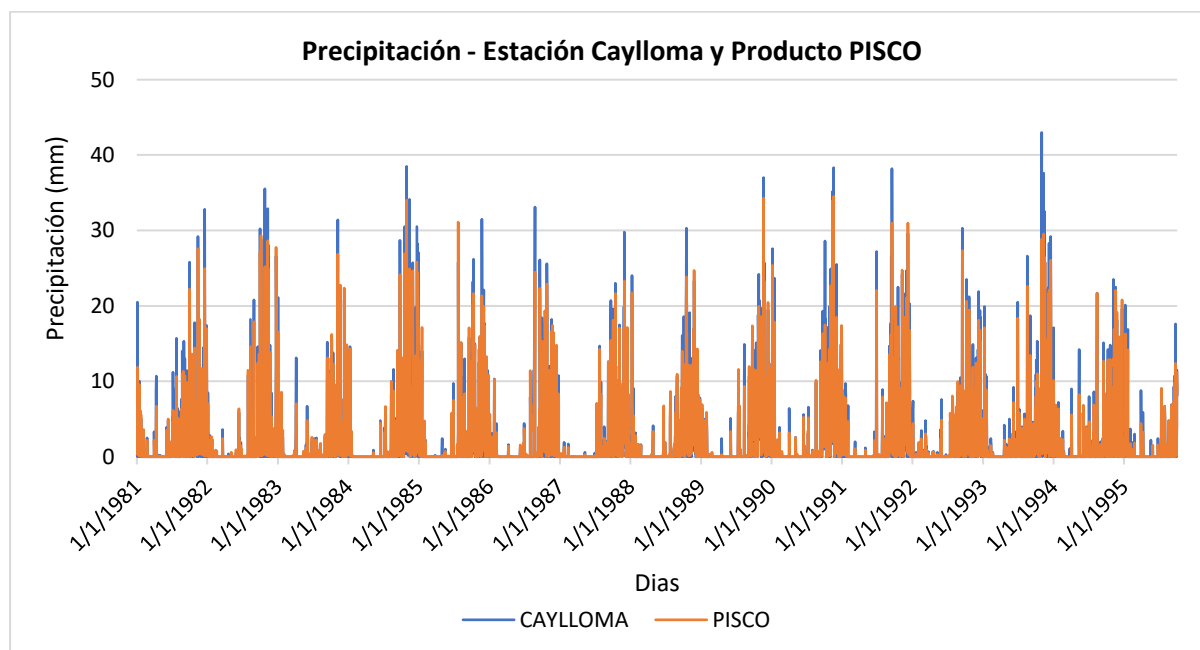
Figura 29*Correlación de la precipitación para la estación La Angostura***Figura 30***Correlación de la precipitación para la estación Caylloma*

Figura 31

Comparación de precipitación observada y producto PISCO – Estación La Angostura

**Figura 32**

Comparación de precipitación observada y producto PISCO – Estación Caylloma

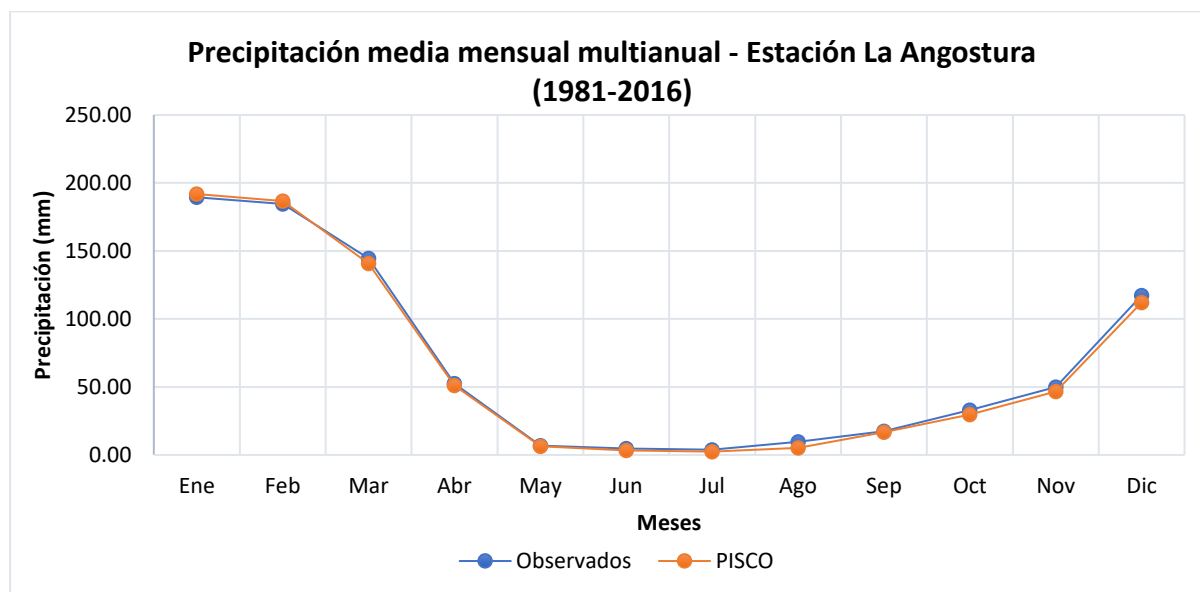
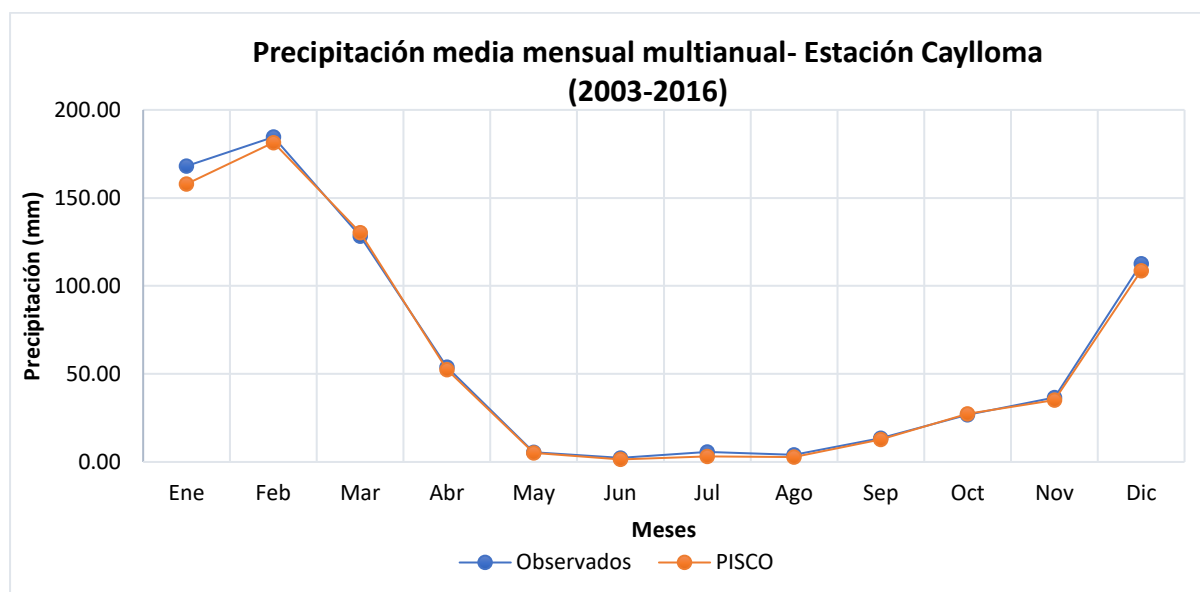


Considerando las dos estaciones, se realizó la validación de datos PISCO utilizando el coeficiente de determinación. Además, para el análisis de subestimación y sobreestimación se determinó el promedio mensual multianual de la precipitación entre los datos observados y los datos grillados de PISCO para ambas estaciones (ver **Tabla 50**).

Tabla 50*Promedio mensual multianual de datos de precipitación*

Meses	Precipitación mensual multianual Estación La Angostura (1981-2016)		Precipitación mensual multianual Estación Caylloma (2003-2016)	
	Observados	PISCO	Observados	PISCO
Enero	189.46	191.86	168.18	157.87
Febrero	184.57	186.79	184.59	181.47
Marzo	144.66	140.80	128.28	130.32
Abril	52.59	51.00	53.93	52.45
Mayo	6.80	6.28	5.53	5.18
Junio	4.67	3.21	2.33	1.43
Julio	3.83	2.44	5.77	3.23
Agosto	9.55	5.25	4.10	2.85
Septiembre	17.33	16.65	13.51	12.73
Octubre	32.96	29.73	26.87	27.26
Noviembre	49.83	46.62	36.63	35.20
Diciembre	117.19	111.98	112.63	108.62

También se realizó los gráficos de precipitación mensual multianual para visualizar mejor la variación entre los datos observados y los datos grillados de PISCO (ver **Figura 33** y **Figura 34**), mostrando que el producto PISCO representa bien a la precipitación mensual promedio de los datos observados de las estaciones y valida el uso del producto PISCO en este estudio.

Figura 33*Evaluación de datos de precipitación mensual multianual - Estación La Angostura***Figura 34***Evaluación de datos de precipitación mensual multianual - Estación Caylloma*

VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN DE TEMPERATURA MÁXIMA

a. Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov

Para validar la información de temperatura máxima del producto PISCO respecto a los observados de las estaciones terrestres La Angostura y Caylloma, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov para verificar a que distribución se ajustan los datos de temperatura máxima.

En la **Tabla 51** se muestra los resultados del análisis de ajuste individual de cada muestra de la estación La Angostura para la variable de temperatura máxima, de forma similar, en la **Tabla 52** se muestran el resumen de los resultados de la misma prueba para temperatura máxima para la estación de Caylloma, donde 6 meses se ajustan a la misma distribución de datos, sin embargo, también se evidencia ligeras variaciones en la forma de distribuciones para meses restantes, lo que refleja pequeñas diferencias en la estructura estadística de las series analizadas.

Tabla 51

Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura máxima – Estación La Angostura

MES	FUENTE	DISTRIBUCIÓN	PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN		
ENERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.045$	$\sigma = 1.047$	$\mu = 13.86$
	PISCO	Gamma (3P)	$\alpha = 12.886$	$\beta = 0.317$	$\gamma = 10.292$
FEBRERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.315$	$\sigma = 1.238$	$\mu = 13.838$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.291$	$\sigma = 1.135$	$\mu = 13.842$
MARZO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.004$	$\sigma = 0.952$	$\mu = 13.756$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = 0.053$	$\sigma = 0.829$	$\mu = 13.77$
ABRIL	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.088$	$\sigma = 1.026$	$\mu = 13.735$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.073$	$\sigma = 0.833$	$\mu = 13.703$
MAYO	Estación Terrestre	Normal	$\sigma = 0.914$	$\mu = 14.472$	
	PISCO	Gamma (3P)	$\alpha = 45.562$	$\beta = 0.1$	$\gamma = 9.956$
JUNIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.368$	$\sigma = 1.141$	$\mu = 13.463$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.081$	$\mu = 2.273$	$\gamma = 4.031$
JULIO	Estación Terrestre	Normal	$\sigma = 1.105$	$\mu = 13.701$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.388$	$\sigma = 0.87$	$\mu = 13.463$
AGOSTO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.484$	$\sigma = 1.547$	$\mu = 14.163$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.487$	$\sigma = 1.153$	$\mu = 14.192$
SEPTIEMBRE	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.03$	$\mu = 3.632$	$\gamma = -22.17$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.034$	$\mu = 3.242$	$\gamma = -9.937$
OCTUBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.516$	$\sigma = 1.217$	$\mu = 16.284$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.659$	$\sigma = 0.964$	$\mu = 16.503$
NOVIEMBRE	Estación Terrestre	Gamma (2P)	$\alpha = 1.482$	$\beta = 33.621$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.425$	$\sigma = 1.013$	$\mu = 16.758$
DICIEMBRE	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.028$	$\mu = 3.547$	$\gamma = -18.795$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.282$	$\sigma = 0.796$	$\mu = 15.647$

Tabla 52

Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura máxima – Estación Caylloma

MES	FUENTE	DISTRIBUCIÓN	PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN		
ENERO	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.842$	$\mu = 0.046$	$\gamma = 13.305$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.557$	$\mu = 0.328$	$\gamma = 13.26$
FEBRERO	Estación Terrestre	Gamma (2P)	$\alpha = 264.16$	$\beta = 0.055$	
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.036$	$\mu = 3.353$	$\gamma = -14.253$
MARZO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = 0.282$	$\sigma = 0.504$	$\mu = 14.264$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = 0.039$	$\sigma = 0.794$	$\mu = 14.338$
ABRIL	Estación Terrestre	Gamma (3P)	$\alpha = 1.586$	$\beta = 0.767$	$\gamma = 13.036$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.406$	$\sigma = 0.919$	$\mu = 13.985$
MAYO	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.21$	$\mu = 1.057$	$\gamma = 11.717$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.337$	$\mu = 0.282$	$\gamma = 13.868$
JUNIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.469$	$\sigma = 0.991$	$\mu = 13.94$
	PISCO	Gamma (3P)	$\alpha = 9.266$	$\beta = 0.281$	$\gamma = 12.116$
JULIO	Estación Terrestre	Normal	$\sigma = 1.141$	$\mu = 13.822$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -1.298$	$\sigma = 0.739$	$\mu = 14.732$
AGOSTO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.795$	$\sigma = 1.146$	$\mu = 14.357$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -1.312$	$\sigma = 0.818$	$\mu = 15.304$
SEPTIEMBRE	Estación Terrestre	Normal	$\sigma = 1.026$	$\mu = 15.495$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.157$	$\sigma = 0.816$	$\mu = 16.144$
OCTUBRE	Estación Terrestre	Lognormal (2P)	$\sigma = 0.032$	$\mu = 2.804$	
	PISCO	Gamma (3P)	$\alpha = 90.565$	$\beta = 0.047$	$\gamma = 13.226$
NOVIEMBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.942$	$\sigma = 0.964$	$\mu = 17.595$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.866$	$\sigma = 0.484$	$\mu = 18.308$
DICIEMBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.847$	$\sigma = 1.182$	$\mu = 16.085$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -1.028$	$\sigma = 0.855$	$\mu = 15.931$

a. Prueba de Kolmogorov Smirnov para dos muestras independientes

Para validar la información de temperatura máxima del producto PISCO respecto a los observados de las estaciones terrestres La Angostura y Caylloma, se realizó la prueba de Kolmogorov Smirnov (Prueba K-S) para dos muestras independientes. Las hipótesis planteadas fueron:

- *Hipótesis nula (H_0)*: Las distribuciones de las temperaturas máximas mensuales de PISCO y las estaciones terrestres son idénticas.
- *Hipótesis alternativa (H_1)*: Las distribuciones de las temperaturas máximas mensuales de PISCO y las estaciones terrestres son diferentes.

Los datos analizados se muestran en el **ANEXO N° 36** y **ANEXO N° 37** para la estación de La Angostura y en el **ANEXO N° 42** y **ANEXO N° 43** para la estación Caylloma, donde se muestra la limitada cantidad de datos mensuales de análisis para esta última.

Los resultados de este análisis se muestran en la **Tabla 53**, donde se indica que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0) para en la estación La Angostura, esto sugiere que las distribuciones de las temperaturas máximas de ambas fuentes de datos son estadísticamente similares. En los meses de julio, octubre y noviembre, dicha prueba rechazó la hipótesis nula de igualdad de distribuciones, indicando diferencias estadísticamente significativas entre los datos de temperatura máxima de la estación terrestre y los obtenidos del producto PISCO. Sin embargo, los meses restantes sugieren que las distribuciones de las temperaturas máximas de la estación son similares a los del producto grillado PISCO. Los resultados de forma más detallada de los meses analizados se muestran en el **ANEXO N° 50** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 53

Prueba K-S para temperatura máxima - Estación La Angostura y Caylloma

Mes	Estación La Angostura		Estación Caylloma	
	Decisión	p-value	Decisión	p-value
Enero	Conserve la hipótesis nula.	0.994	Conserve la hipótesis nula.	0.270
Febrero	Conserve la hipótesis nula.	0.981	Conserve la hipótesis nula.	0.979
Marzo	Conserve la hipótesis nula.	0.921	Conserve la hipótesis nula.	0.979
Abril	Conserve la hipótesis nula.	0.760	Conserve la hipótesis nula.	0.336
Mayo	Conserve la hipótesis nula.	0.887	Conserve la hipótesis nula.	0.124
Junio	Conserve la hipótesis nula.	0.557	Conserve la hipótesis nula.	0.759
Julio	Conserve la hipótesis nula.	0.524	Rechace la hipótesis nula.	0.037
Agosto	Conserve la hipótesis nula.	0.529	Conserve la hipótesis nula.	0.124
Septiembre	Conserve la hipótesis nula.	0.519	Conserve la hipótesis nula.	0.206
Octubre	Conserve la hipótesis nula.	0.918	Rechace la hipótesis nula.	0.015
Noviembre	Conserve la hipótesis nula.	0.867	Rechace la hipótesis nula.	0.037
Diciembre	Conserve la hipótesis nula.	0.999	Conserve la hipótesis nula.	0.124

a. El nivel de significación es de .050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Nota. Los resultados indican que, para todos los meses de la estación La Angostura no se rechaza la hipótesis nula, ya que los p-value son mayores a 0.05. Para la estación Caylloma, tres meses rechazan la hipótesis nula, ya que sus p-value son menores al 0.05.

En la estación La Angostura, los resultados mostraron que en todos los meses analizados no se rechaza la hipótesis nula, para nivel de significancia de $\alpha 0.05$, lo cual indica que las distribuciones del producto PISCO y la estación terrestre no presentan diferencias significativas y sugiere una buena correspondencia estadística entre ambas series. En la Estación Caylloma, la mayoría de los meses también mostraron aceptación de la hipótesis nula; sin embargo, en julio, octubre y noviembre se observó un rechazo de la hipótesis nula

($p < 0.05$), lo que implica que durante dichos meses existen diferencias significativas entre las distribuciones de PISCO y la estación terrestre. En términos generales, los resultados permiten concluir que el producto PISCO reproduce adecuadamente el comportamiento estadístico mensual de la temperatura máxima en la mayoría de los meses del año, aunque se presentan discrepancias puntuales en los meses mencionados para la estación Caylloma.

b. Análisis de series mediante indicadores de desempeño R^2 , PBIAS y NSE

Los indicadores de desempeño para la temperatura máxima fueron determinados para los datos diarios de similar forma que la precipitación, los valores obtenidos de R^2 , NSE y PBIAS para la temperatura máxima de las estaciones La Angostura y Caylloma muestran un buen desempeño a nivel diario. A continuación, se muestra los valores obtenidos de los indicadores al realizar la comparación.

En la **Figura 35** y **Figura 36**, se muestran los resultados de la comparación entre los datos obtenidos del producto PISCO y observados de la estación meteorológica La Angostura y Caylloma. Para la estación La Angostura, se tiene información observada desde 01 de enero de 1981 al 30 de septiembre del 2016 y la estación de Caylloma 01 de enero de 2003 al 31 de diciembre del 2016, cabe mencionar que existe periodos sin información desde el 01 de noviembre del 2005 hasta el 05 de junio del 2006 y del 20 de octubre del 2006 al 09 de enero del 2011, la información faltante no fue completada para realizar la corrección con el fin de aumentar la incertidumbre de la relación entre ambas series de datos.

Tabla 54

Indicadores de confiabilidad de validación de PISCO – Temperatura máxima

Estación	Indicador	Valor	Rendimiento
La Angostura	R^2	0.84	Bueno
	NSE	0.89	Muy bueno
	PBIAS	0.02	Muy bueno
Caylloma	R^2	0.55	Malo
	NSE	0.98	Muy bueno
	PBIAS	-2.98	Muy bueno

Obtenido estos indicadores, podemos decir que, la estación La Angostura, posee una buena correspondencia entre ambas fuentes de información, lo que indica que el producto PISCO reproduce de forma adecuada la variabilidad y magnitud de la temperatura máxima observada. Por otro lado, la estación de Caylloma refleja un moderado coeficiente de determinación, sin embargo, si representa la dinámica temporal de la estación, y tiene un buen desempeño en términos de eficiencia y sesgo, lo cual indica que pueden el producto

PISCO logra representar de manera confiable la distribución general de la temperatura máxima diaria. Los resultados evidencian un buen nivel de consistencia entre ambas series de datos, y pueden ser utilizados para el modelamiento hidrológico. A continuación, se muestra los gráficos de dispersión (ver **Figura 35** y **Figura 36**) e histograma (ver **Figura 37** y **Figura 38**) de la comparación entre las series de datos de la estación terrestre La Angostura y los del producto grillado PISCO.

Figura 35

Correlación de la temperatura máxima para la estación La Angostura

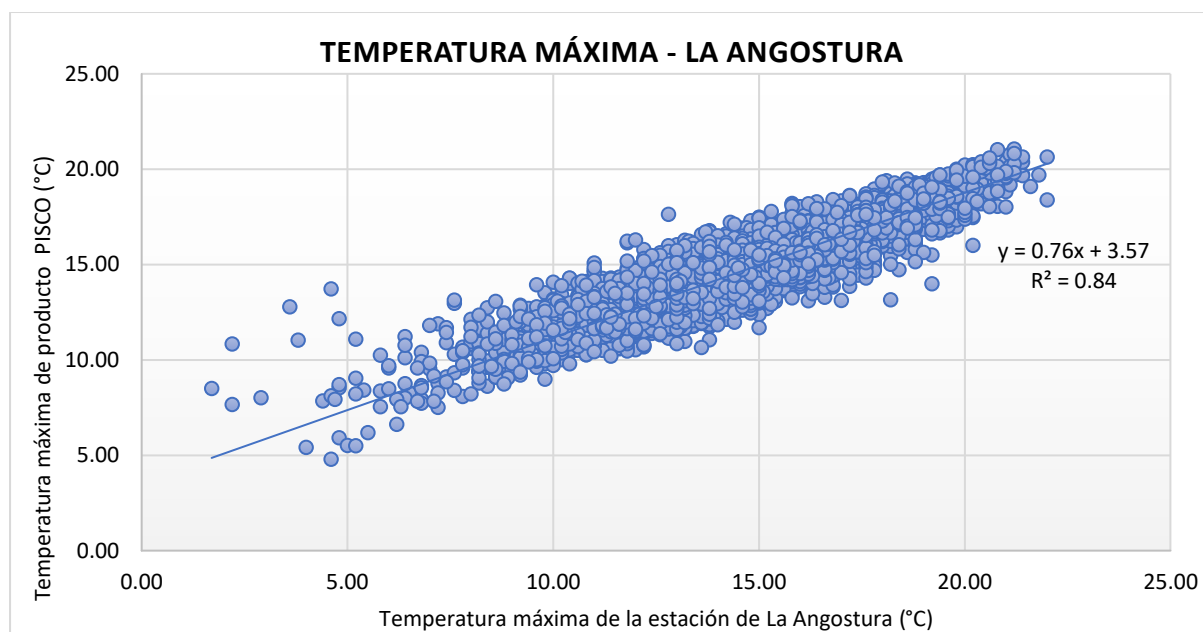


Figura 36

Correlación de la temperatura máxima para la estación Caylloma

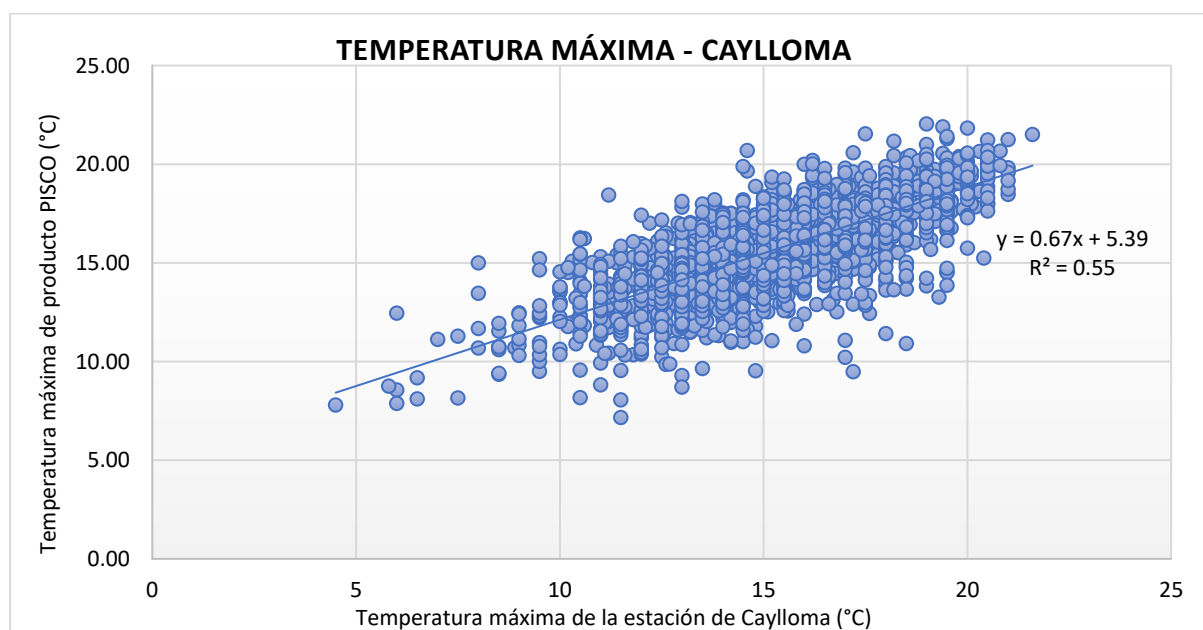
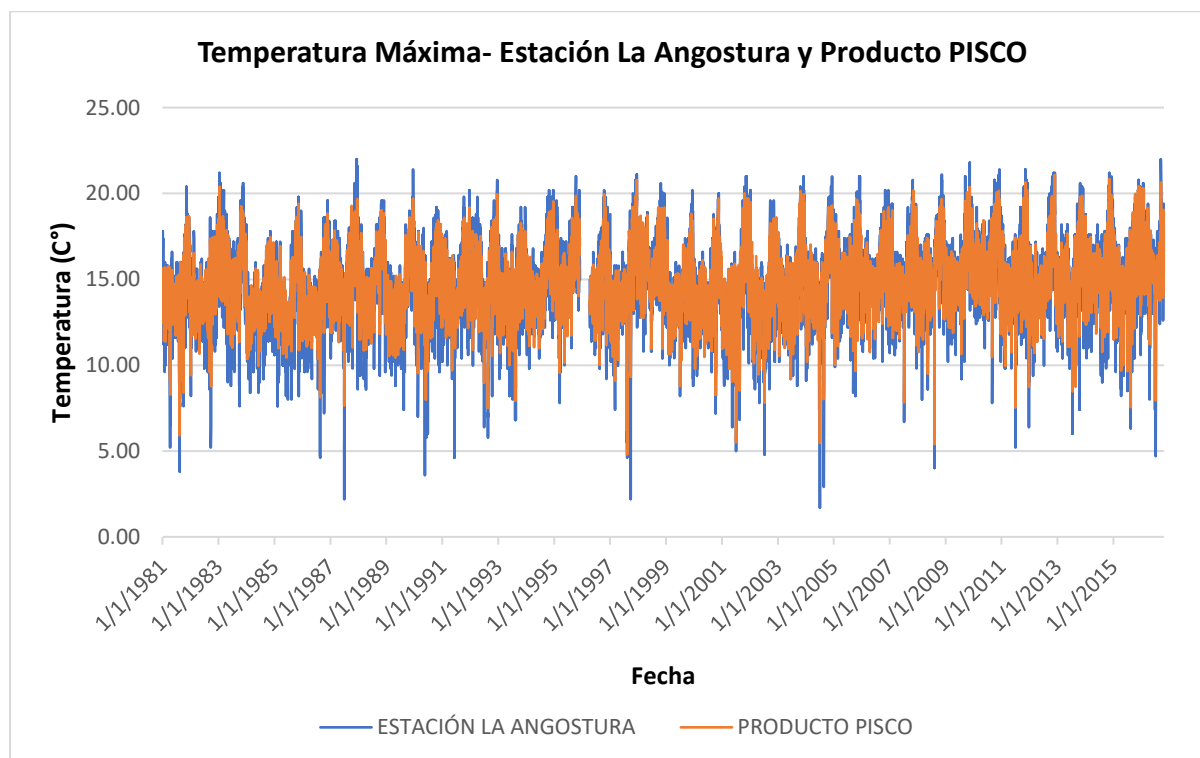
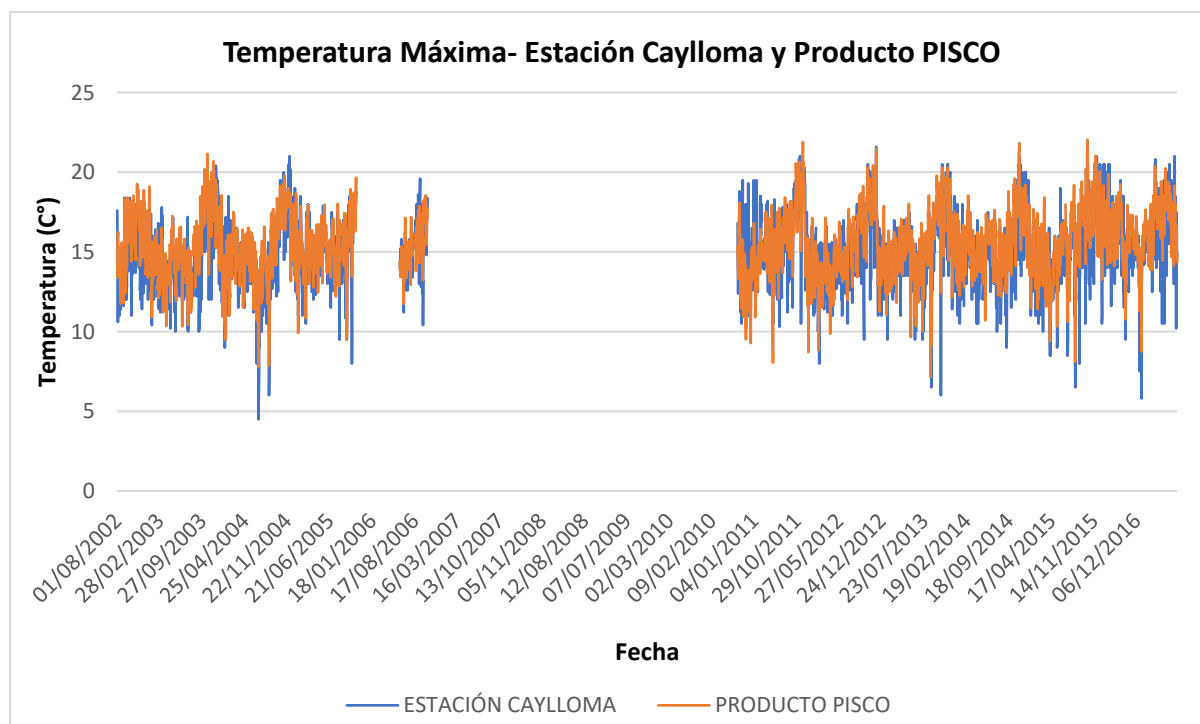


Figura 37

Comparación de temperatura máxima observada y producto PISCO–Estación La Angostura

**Figura 38**

Comparación de temperatura máxima observada y producto PISCO–Estación Caylloma



Considerando las estaciones de La Angostura y Caylloma, se realizó el análisis de subestimación y sobreestimación para lo cual se determinó el promedio mensual multianual

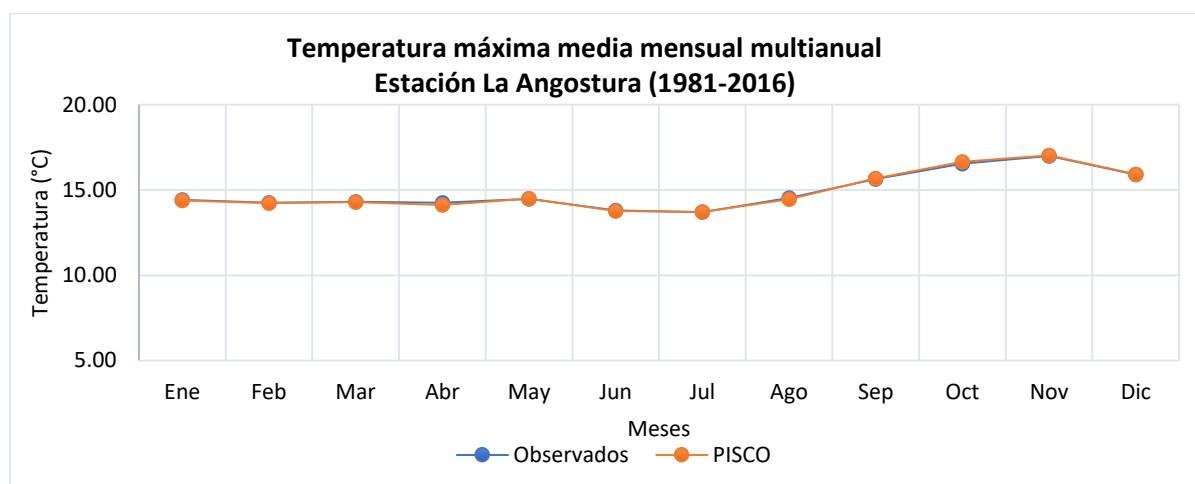
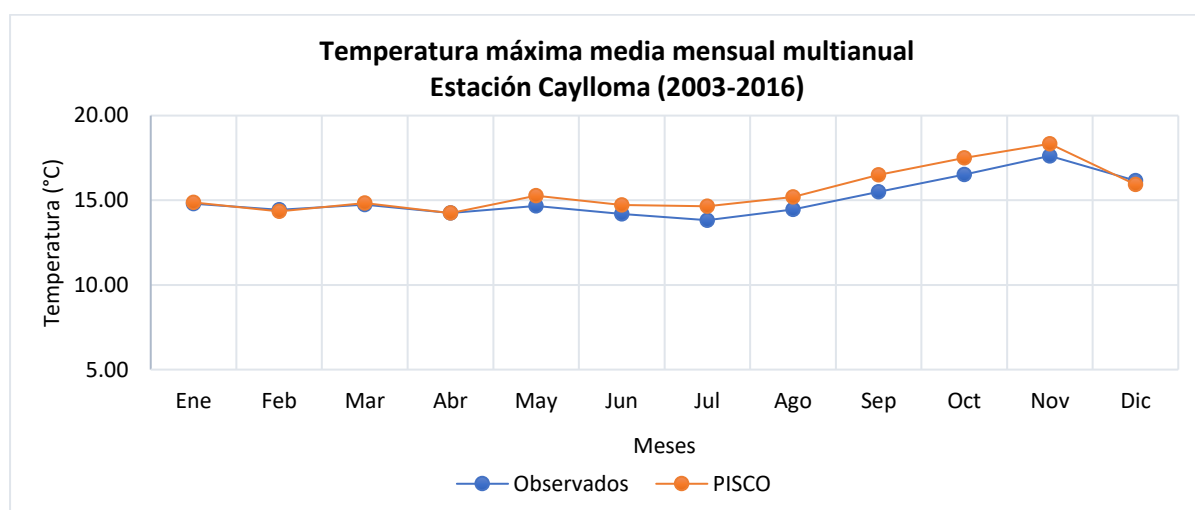
de la temperatura máxima y mínima de los datos observados y los datos grillados de PISCO (ver **Tabla 55**).

Tabla 55

Promedio mensual multianual de datos de temperatura máxima

Mes	Temperatura máxima mensual multianual La Angostura (1981-2016)		Temperatura máxima mensual multianual Caylloma (2003-2016)	
	Observados	PISCO	Observados	PISCO
Enero	14.42	14.38	14.79	14.88
Febrero	14.25	14.24	14.44	14.35
Marzo	14.30	14.29	14.75	14.83
Abril	14.24	14.13	14.25	14.24
Mayo	14.47	14.50	14.66	15.27
Junio	13.81	13.77	14.18	14.72
Julio	13.70	13.71	13.82	14.64
Agosto	14.53	14.46	14.46	15.19
Septiembre	15.65	15.67	15.50	16.50
Octubre	16.55	16.65	16.52	17.50
Noviembre	17.00	17.03	17.62	18.34
Diciembre	15.90	15.93	16.16	15.92

También se realizaron los gráficos de la temperatura máxima y mínima mensual de la estación La Angostura, para visualizar mejor la variación entre los datos mensuales observados y los datos del producto PISCO, en la **Figura 39** y **Figura 40** se muestra que el producto PISCO representa bien a la temperatura máxima promedio mensual de los datos observados de las estaciones de la estación La Angostura, y muestra una sobreestimación en los meses de mayo a noviembre.

Figura 39*Evaluación de la temperatura máxima mensual multianual - Estación La Angostura***Figura 40***Evaluación de la temperatura máxima mensual multianual - Estación Caylloma*

VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN DE TEMPERATURA MÍNIMA

a. Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov

Para validar la información de temperatura máxima del producto PISCO respecto a los observados de las estaciones terrestres La Angostura y Caylloma, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov para verificar a que distribución se ajustan los datos de temperatura mínima.

En la **Tabla 56** y **Tabla 57** se muestran los resultados del análisis de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov para la variable de temperatura mínima de la estación La Angostura y Caylloma respectivamente, donde 6 meses se ajustan a la misma distribución de datos, y también se evidencian ligeras variaciones en la forma de distribuciones para meses restantes,

lo que refleja pequeñas diferencias en la estructura estadística de las series analizadas.

No obstante, es importante señalar que el hecho de que ambas fuentes de información (estación terrestre y producto PISCO) no presenten distribuciones del mismo tipo en determinados meses no implica que no sigan necesariamente la misma distribución poblacional. Los resultados reflejan únicamente el mejor ajuste individual de cada muestra.

Por tal motivo, la comparación directa entre ambas fuentes se realizó mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes, la cual permite contrastar si ambas series provienen de una misma distribución teórica.

Tabla 56

Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura mínima – Estación La Angostura

MES	FUENTE	DISTRIBUCIÓN	PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN		
ENERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.181$	$\sigma = 0.678$	$\mu = 0.578$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.062$	$\mu = 2.346$	$\gamma = -9.553$
FEBRERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.463$	$\sigma = 1.09$	$\mu = 0.823$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.553$	$\sigma = 0.997$	$\mu = 0.846$
MARZO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.654$	$\sigma = 0.961$	$\mu = 0.638$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.703$	$\sigma = 0.922$	$\mu = 0.578$
ABRIL	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.754$	$\sigma = 1.506$	$\mu = -0.982$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.576$	$\sigma = 1.147$	$\mu = -1.015$
MAYO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.499$	$\sigma = 1.67$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.458$	$\sigma = 1.356$	$\mu = -5.51$
JUNIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.166$	$\sigma = 1.447$	$\mu = -8.567$
	PISCO	Gamma (3P)	$\alpha = 93.411$	$\beta = 0.131$	$\gamma = -20.185$
JULIO	Estación Terrestre	Gamma (3P)	$\alpha = 3.399$	$\beta = 0.644$	
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.278$	$\mu = 1.093$	$\gamma = -11.752$
AGOSTO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.371$	$\sigma = 1.082$	$\mu = -7.626$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.304$	$\sigma = 0.92$	$\mu = -7.685$
SEPTIEMBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$\sigma = -0.123$	$\mu = 1.357$	$\gamma = -6.11$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.132$	$\mu = 2.125$	$\gamma = -13.943$
OCTUBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.151$	$\sigma = 1.266$	$\mu = -4.138$
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.409$	$\sigma = 1.054$	$\mu = -3.774$
NOVIEMBRE	Estación Terrestre	Normal	$\sigma = 1.584$	$\mu = -2.708$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	$K = -0.363$	$\sigma = 1.23$	$\mu = -3.047$
DICIEMBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	$K = -0.488$	$\sigma = 1.119$	$\mu = -0.795$
	PISCO	Normal	$\sigma = 0.848$	$\mu = -0.558$	$= 0$

Tabla 57

Resultados de prueba de bondad de ajuste de temperatura mínima – Estación Caylloma

MES	FUENTE	DISTRIBUCIÓN	PARAMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN		
ENERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.674	$\sigma = 1.067$	$\mu = 0.566$
	PISCO	Normal	$\sigma = 0.388$	$\mu = 0.967$	= 0
FEBRERO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.813	$\sigma = 1.199$	$\mu = 0.891$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.112$	$\mu = 1.711$	$\gamma = -4.396$
MARZO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -1.208	$\sigma = 1.606$	$\mu = 0.331$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.033$	$\mu = 2.77$	$\gamma = -15.287$
ABRIL	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.542	$\sigma = 1.45$	$\mu = -1.133$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.549	$\sigma = 0.982$	$\mu = -0.927$
MAYO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.865	$\sigma = 1.635$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.523	$\sigma = 1.26$	$\mu = -4.749$
JUNIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.536	$\sigma = 1.372$	$\mu = -6.709$
	PISCO	Normal	$\sigma = 0.867$	$\mu = -6.482$	= 0
JULIO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.274	$\sigma = 1.008$	
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.329	$\sigma = 0.907$	$\mu = -7.639$
AGOSTO	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.551	$\sigma = 1.401$	$\mu = -6.413$
	PISCO	Gen. Extreme Value	K = -0.394	$\sigma = 1$	$\mu = -6.766$
SEPTIEMBRE	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.084$	$\mu = 2.712$	$\gamma = -19.494$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.157$	$\mu = 1.824$	$\gamma = -11.21$
OCTUBRE	Estación Terrestre	Normal	$\sigma = 1.033$	$\mu = -3.032$	= 0
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.2$	$\mu = 1.009$	$\gamma = -5.862$
NOVIEMBRE	Estación Terrestre	Gen. Extreme Value	K = -0.522	$\sigma = 1.531$	
	PISCO	Normal	$\sigma = 0.924$	$\mu = -2.941$	= 0
DICIEMBRE	Estación Terrestre	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.03$	$\mu = 3.415$	$\gamma = -30.689$
	PISCO	Lognormal (3P)	$\sigma = 0.224$	$\mu = 0.923$	$\gamma = -2.903$

a. Prueba de Kolmogorov Smirnov para dos muestras independientes

Para validar la información de temperatura mínima del producto PISCO respecto a los observados de las estaciones terrestres La Angostura y Caylloma, se realizó la prueba de Kolmogorov Smirnov (Prueba K-S) para dos muestras independientes. Este análisis evalúa las distribuciones de las temperaturas mínimas mensuales de las estaciones terrestres y las del producto PISCO de similar forma a los aplicados en la temperatura máxima. Las hipótesis planteadas fueron:

- *Hipótesis nula (H_0)*: Las distribuciones de las temperaturas mínimas mensuales de PISCO y las estaciones terrestres son idénticas.
- *Hipótesis alternativa (H_1)*: Las distribuciones de las temperaturas mínimas mensuales de PISCO y las estaciones terrestres son diferentes.

Los datos analizados se encuentran en el **ANEXO N° 38** y **ANEXO N° 39** para la estación de La Angostura y en el **ANEXO N° 44** y **ANEXO N° 45** para la estación Caylloma. La **Tabla 58** muestra los resultados de la prueba, donde se indica que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H_0) para los datos analizados en ambas estaciones, esto sugiere que las distribuciones de las temperaturas mínimas mensuales de PISCO son estadísticamente similares a las de la estación La Angostura. Los resultados se muestran de forma más detallada en el **ANEXO N° 54** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 58

Prueba K-S para temperatura mínima - Estación La Angostura y Caylloma

Mes	Estación La Angostura		Estación Caylloma	
	Decisión	p-value	Decisión	p-value
Enero	Conserve la hipótesis nula.	0.979	Conserve la hipótesis nula.	0.291
Febrero	Conserve la hipótesis nula.	1.000	Conserve la hipótesis nula.	0.879
Marzo	Conserve la hipótesis nula.	0.979	Conserve la hipótesis nula.	0.847
Abril	Conserve la hipótesis nula.	0.878	Conserve la hipótesis nula.	0.999
Mayo	Conserve la hipótesis nula.	0.979	Conserve la hipótesis nula.	0.905
Junio	Conserve la hipótesis nula.	0.979	Conserve la hipótesis nula.	0.998
Julio	Conserve la hipótesis nula.	0.699	Conserve la hipótesis nula.	0.125
Agosto	Conserve la hipótesis nula.	0.878	Conserve la hipótesis nula.	0.905
Septiembre	Conserve la hipótesis nula.	0.878	Conserve la hipótesis nula.	0.617
Octubre	Conserve la hipótesis nula.	0.699	Conserve la hipótesis nula.	0.905
Noviembre	Conserve la hipótesis nula.	0.867	Conserve la hipótesis nula.	0.125
Diciembre	Conserve la hipótesis nula.	0.683	Conserve la hipótesis nula.	0.905

a. El nivel de significación es de .050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Nota. Los resultados indican que, para todos los meses de la estación La Angostura no se rechaza la hipótesis nula, ya que los p-value son mayores a 0.05.

La prueba de Kolmogorov–Smirnov se aplicó para comparar los datos mensuales de temperatura mínima entre las estaciones terrestres y el producto PISCO, con un nivel de significancia de 0.05. En ambos casos, los resultados muestran que se conserva la hipótesis nula en todos los meses del año, lo que significa que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ambas fuentes de información. Esto indica que las distribuciones de temperatura mínima estimadas por el producto PISCO son muy similares a las observadas en las estaciones meteorológicas. Por tanto, puede decirse que PISCO representa adecuadamente el comportamiento mensual de la temperatura mínima, reflejando de manera consistente la variabilidad y tendencia de los datos registrados en las estaciones

La Angostura y Caylloma.

b. Análisis de series mediante indicadores de desempeño R^2 , PBIAS y NSE

En la **Figura 41** y **Figura 42** se muestran los resultados de la comparación entre los datos obtenidos del producto PISCO y observados de la estación meteorológica La Angostura y la estación de Caylloma. Los periodos de análisis para la estación La Angostura fue desde 01 de enero de 1981 al 30 de septiembre del 2016 y para la estación Caylloma desde el 01 de enero del 2003 hasta el 31 de diciembre de 2016, la información de estas series no presentaba grandes periodos sin información. Similar a lo anterior, información faltante no fue completada para realizar la corrección, con el fin de no incrementar la incertidumbre de la relación entre ambas series.

Se determinó los coeficientes de determinación, NSE y PBIAS para la temperatura mínima de las estaciones La Angostura y Caylloma con el producto PISCO que se muestran en la **Tabla 59**.

Tabla 59

Indicadores de confiabilidad de validación de PISCO – Temperatura mínima

Estación	Indicador	Valor	Rendimiento
La Angostura	R^2	0.92	Muy bueno
	NSE	0.92	Muy bueno
	PBIAS	0.09	Muy bueno
Caylloma	R^2	0.81	Bueno
	NSE	0.81	Muy bueno
	PBIAS	-3.26	Muy bueno

En la estación La Angostura, los resultados muestran una muy buena correspondencia entre los datos observados y los del producto PISCO, los valores obtenidos indican que el modelo logra representar con gran precisión la variabilidad y el sesgo de la temperatura máxima diaria, lo que confirma un excelente desempeño general.

En la estación Caylloma, el R^2 señala un buen nivel de ajuste, mientras que el NSE y el PBIAS muestran que el modelo mantiene una muy buena capacidad de representación, con una leve tendencia a subestimar los valores observados. En conjunto, estos resultados indican que los datos de PISCO reproducen de manera confiable el comportamiento diario de la temperatura máxima en ambas estaciones.

A continuación, se muestra los gráficos de dispersión (ver **Figura 41** y **Figura 42**) e

histograma (ver **Figura 43** y **Figura 44**) de la comparación entre las series de datos de la estación terrestre La Angostura y los del producto grillado PISCO.

Figura 41

Correlación de la temperatura mínima para la estación La Angostura

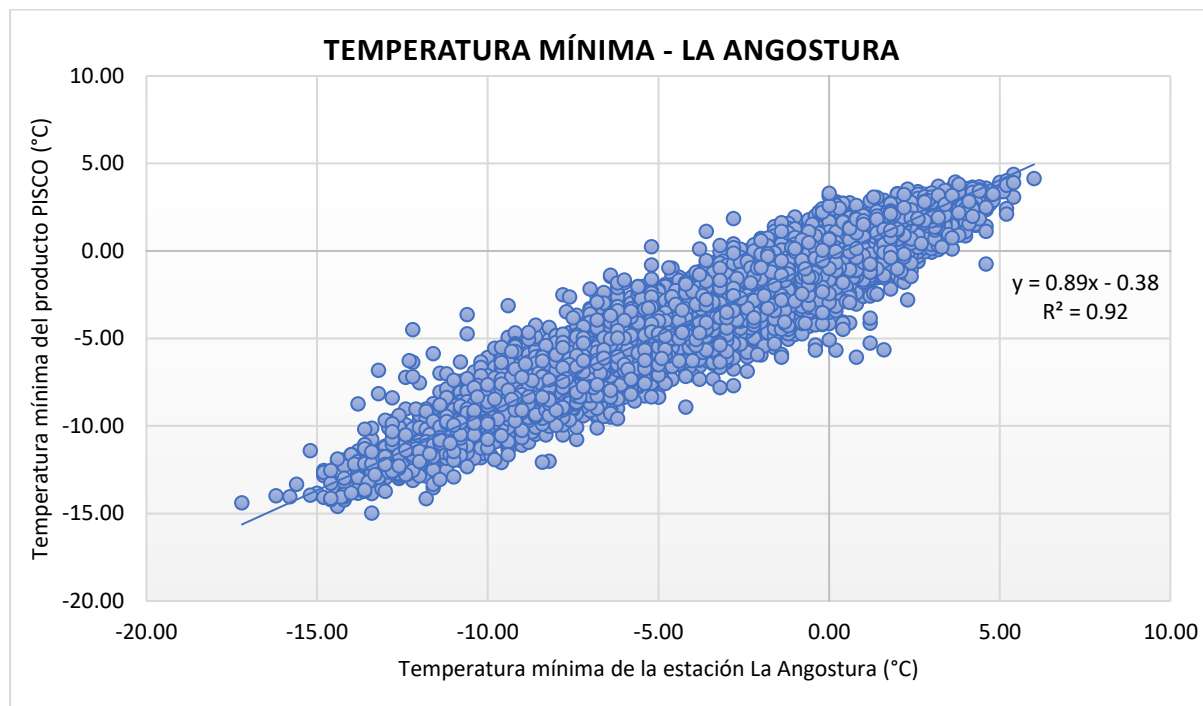


Figura 42

Correlación de la temperatura mínima para la estación Caylloma

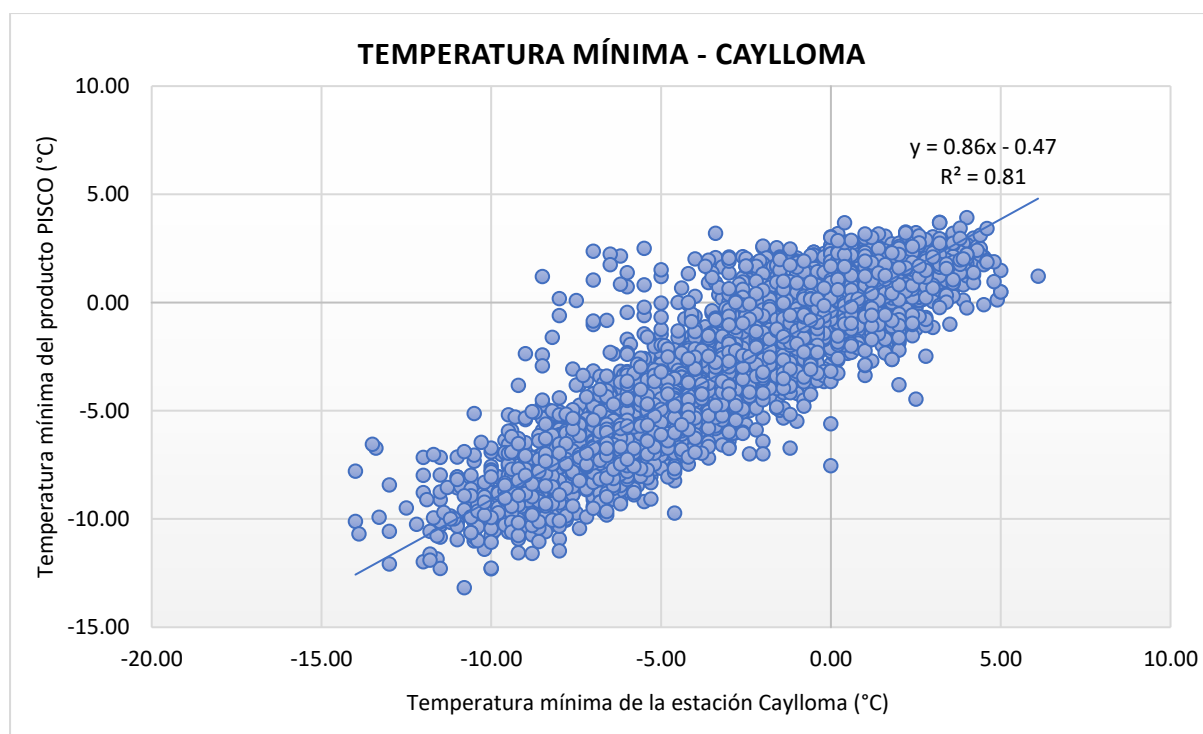
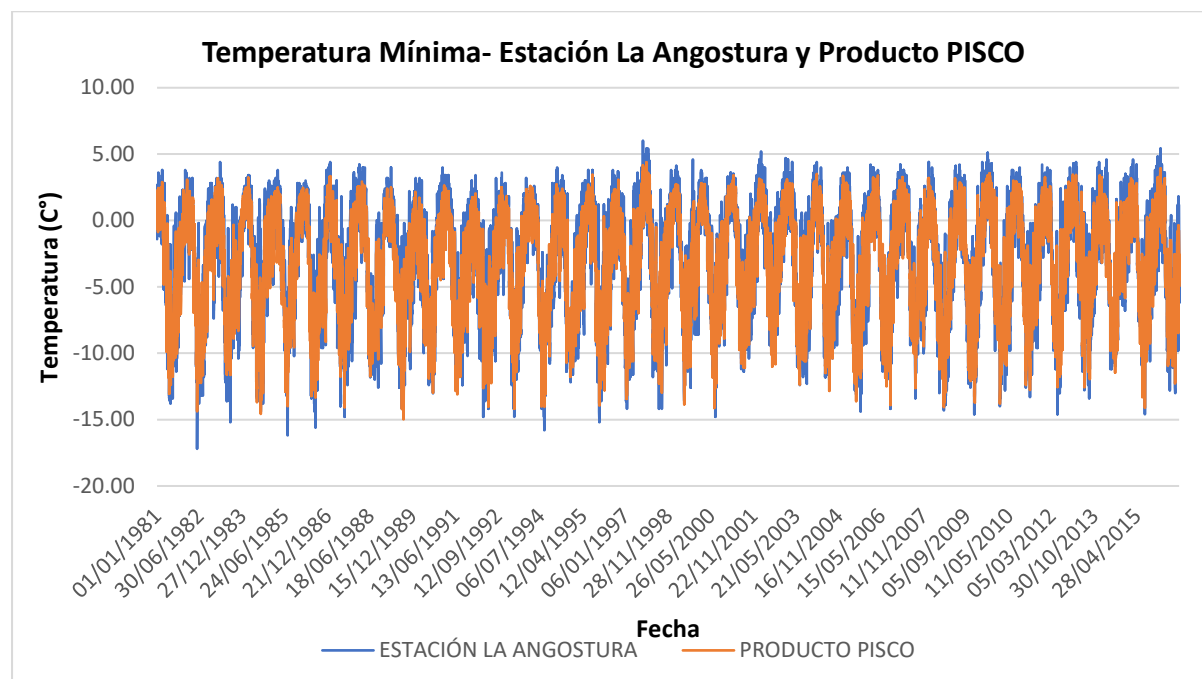
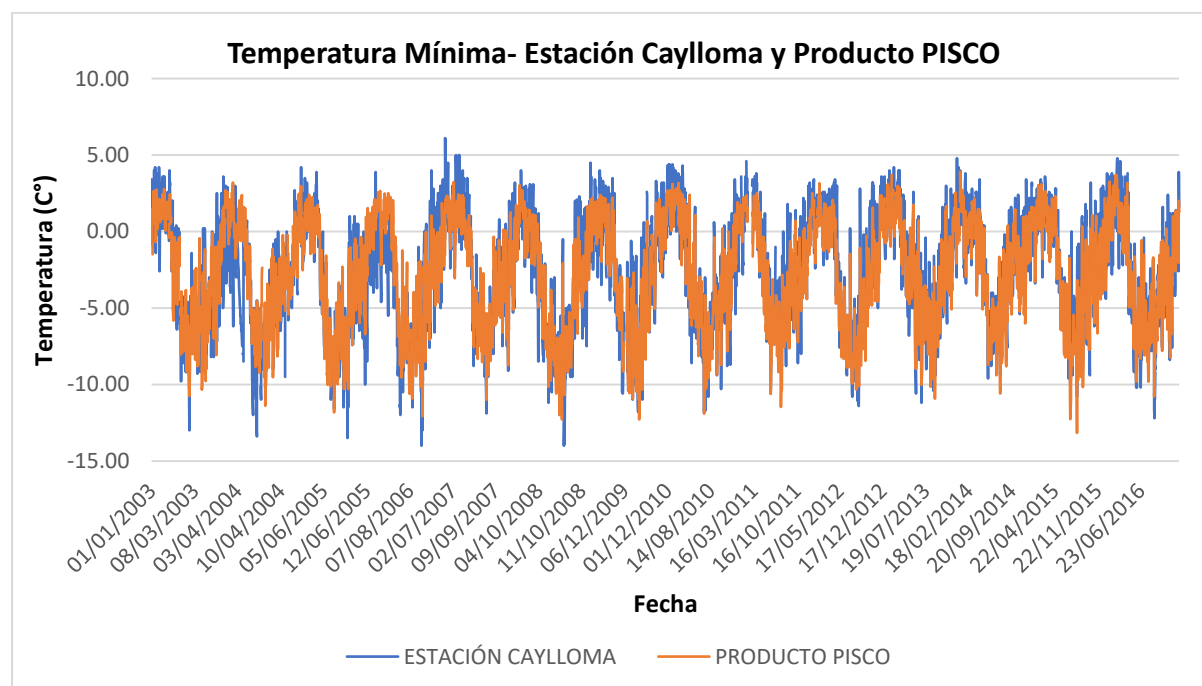


Figura 43

Comparación de temperatura mínima observada y producto PISCO–Estación La Angostura

**Figura 44**

Comparación de temperatura mínima observada y producto PISCO–Estación Caylloma



Para analizar la subestimación y sobre estimación se determinó la temperatura mínima media mensual multianual para el periodo disponible que se muestra en la **Tabla 60**.

Tabla 60

Promedio mensual multianual de datos de temperatura mínima

Mes	Temperatura mínima mensual multianual		Temperatura mínima mensual multianual	
	La Angostura (1981-2016)		Caylloma (2003-2016)	
	Observados	PISCO	Observados	PISCO
Enero	0.86	0.91	0.72	0.97
Febrero	1.09	1.05	0.99	1.17
Marzo	0.78	0.70	0.19	0.68
Abril	-0.82	-0.80	-0.83	-0.73
Mayo	-5.23	-5.17	-4.76	-4.48
Junio	-7.94	-7.90	-6.42	-6.48
Julio	-8.64	-8.65	-6.66	-7.35
Agosto	-7.30	-7.37	-6.13	-6.48
Septiembre	-5.47	-5.50	-4.38	-4.94
Octubre	-3.57	-3.48	-3.03	-3.06
Noviembre	-2.71	-2.67	-2.32	-2.94
Diciembre	-0.53	-0.56	-0.29	-0.32

En la **Figura 45** y **Figura 46**, se muestra los gráficos de líneas donde se observa la temperatura mínima del producto PISCO en la estación La Angostura posee una mejor relación entre series, sin embargo, en la estación Caylloma, se muestra que existe también una sobre estimación en los datos de julio, agosto, septiembre y noviembre.

Figura 45

Evaluación de la temperatura mínima mensual multianual - Estación La Angostura

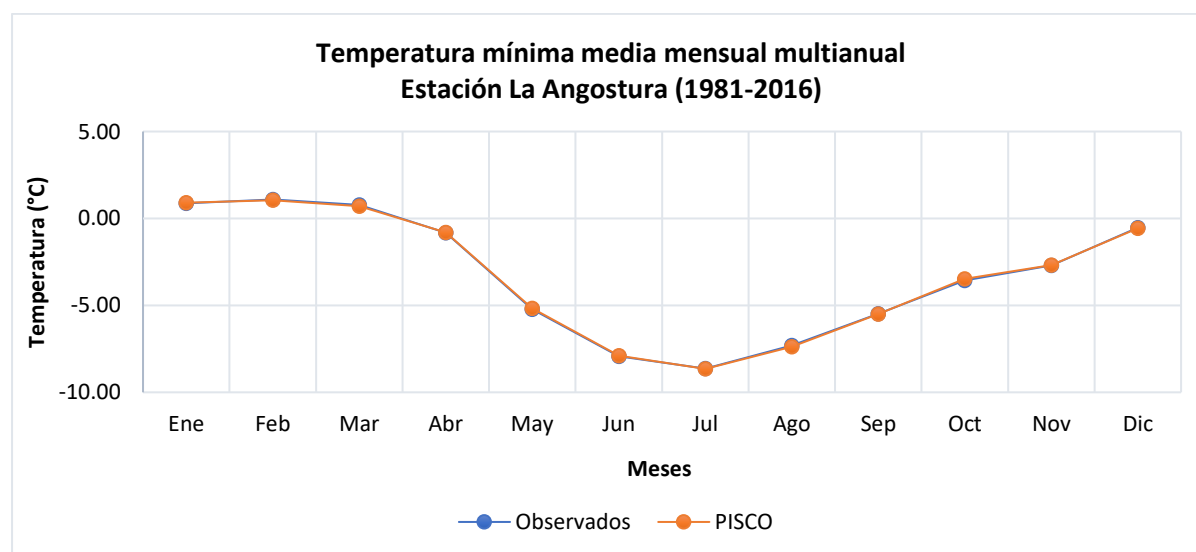
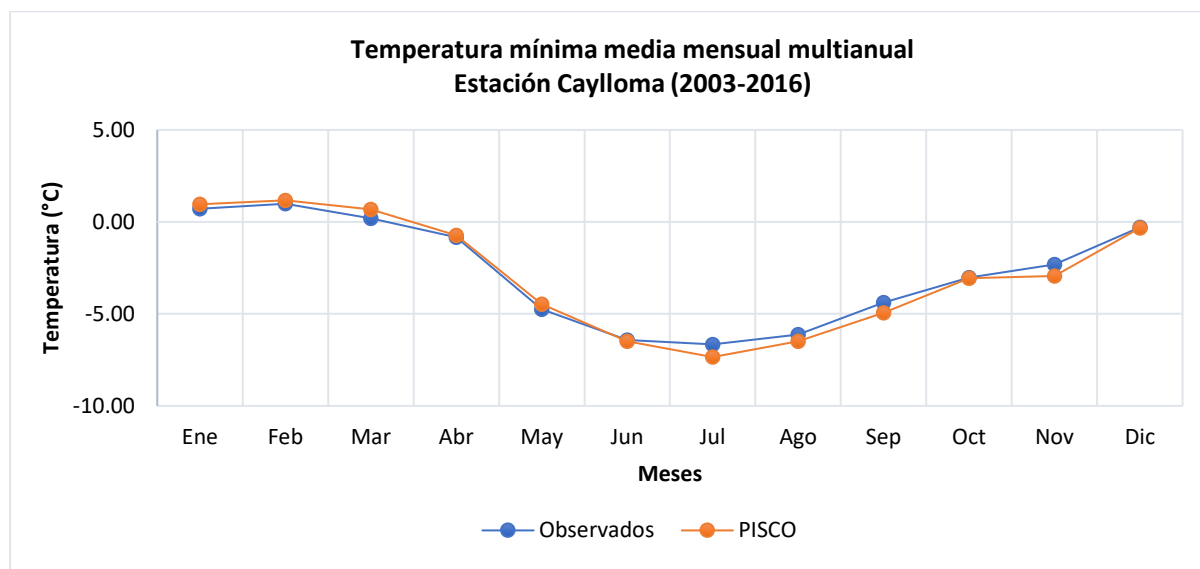


Figura 46

Evaluación de la temperatura mínima mensual multianual - Estación Caylloma

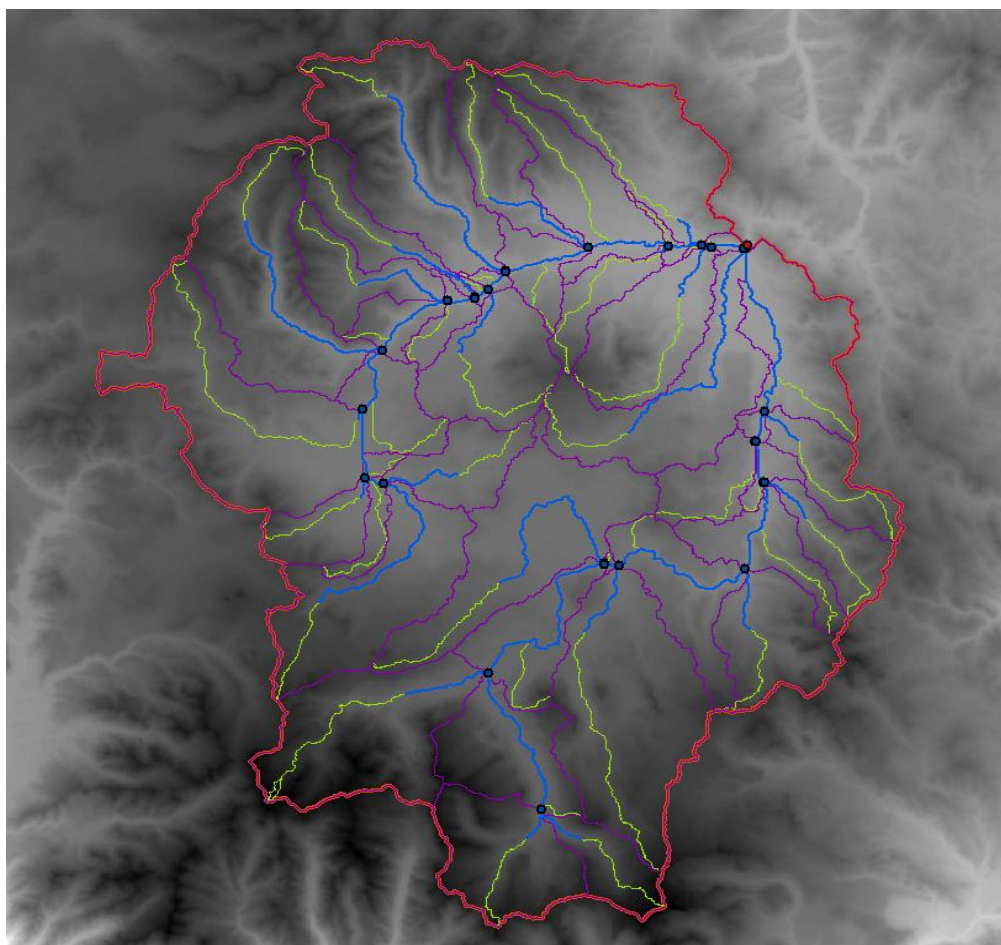


4.1.3 MODELAMIENTO HIDROLÓGICO SWAT

4.1.3.1 DELIMITACIÓN DE CUENCA Y SUBCUENCAS

Se realizó la delimitación de la cuenca utilizando las herramientas de ArcSWAT, con la herramienta Watershed Delineator, para ello se utilizó el modelo de elevación digital unido y con la corrección de píxeles sin información, y la ubicación del punto de salida de la cuenca.

Para la delimitación de la cuenca y subcuencas mostrado en la **Figura 47**, se ubicaron los puntos de aporte a los dos cauces principales (puntos azules) y el punto de desfogue de la cuenca (punto rojo), obteniendo un total de 45 subcuencas dentro de la cuenca en estudio, de tal forma que las subcuencas tengan una mejor discretización y caracterización para el modelamiento hidrológico. En el **ANEXO N° 21** se muestra el mapa con la división de subcuencas de la cuenca.

Figura 47*Delimitación de la cuenca*

Nota: En la figura se muestra la delimitación de la cuenca y subcuencas utilizando el software ArcSWAT.

4.1.3.2 PENDIENTE DE LA CUENCA

La pendiente indica la inclinación de la superficie de la cuenca que es clasificada en un rango de pendientes. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en la guía para la descripción de suelos muestra las clases de gradiente de la pendiente (ver **Tabla 61**).

Tabla 61*Clases de gradiente de la pendiente*

Clase	Descripción	%
1	Plano	0 - 0.2
2	Nivel	0.2 - 0.5
3	Cercano al nivel	0.5 - 1
4	Muy ligeramente inclinado	1 - 2
5	Ligeramente inclinado	2 - 5
6	Inclinado	5 - 10
7	Fuertemente inclinado	10 - 15
8	Moderadamente escarpado	15 - 30
9	Escarpado	30 - 60
10	Muy escarpado	> 60

Nota. Datos fueron tomados de la Guía para la descripción de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009).

Se realizó una reclasificación de estos datos bajo cinco rangos para introducir al modelo SWAT mostrados en la **Tabla 62**, los cuales están definidos a partir de la clasificación de la FAO.

Tabla 62*Reclasificación de pendientes de la cuenca La Angostura*

Clase	Descripción	Pendiente %
1	Plano a ligeramente inclinado	0 – 5
2	Inclinado a fuertemente inclinado	5 – 15
3	Moderadamente escarpado	15 - 30
4	Escarpado	30 - 60
5	Muy escarpado	> 60

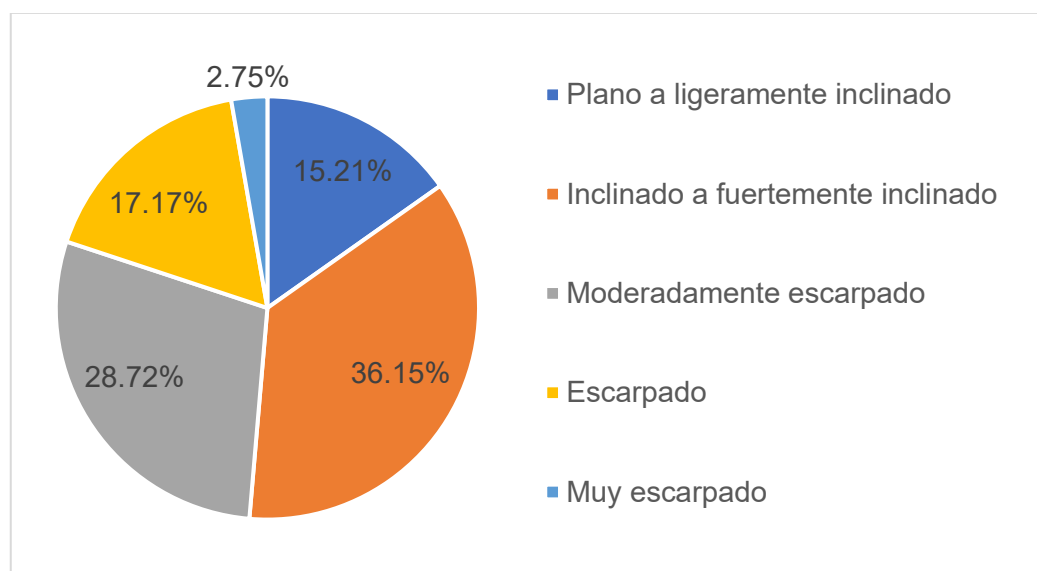
Nota. Adaptado de FAO

Realizado la clasificación de pendientes en la cuenca según la **Tabla 62**, se muestra la **Tabla 63** y Figura 48 con los porcentajes y las áreas que poseen cada rango de pendientes dentro de la cuenca de estudio.

Tabla 63*Clasificación de pendientes en la cuenca*

Descripción	Pendiente %	Área (km ²)	Porcentaje
Plano a ligeramente inclinado	0 – 5	196.25	15.21%
Inclinado a fuertemente inclinado	5 – 15	466.44	36.15%
Moderadamente escarpado	15 - 30	370.56	28.72%
Escarpado	30 - 60	221.52	17.17%
Muy escarpado	> 60	35.47	2.75%

Nota. Los datos que se muestran en el cuadro son porcentajes respecto a las áreas abarcadas de cada rango de pendientes dentro de la cuenca.

Figura 48*Porcentaje de área de la pendiente de la cuenca*

En el **ANEXO N° 22**, se muestra el mapa con la clasificación de pendientes de la cuenca de estudio.

4.1.3.3 TIPO DE SUELO

La información del tipo de suelo se obtuvo del mapa de suelos a nivel mundial, esta información fue obtenida de la página de la FAO (ver **ANEXO N° 28**). En la **Tabla 64** se muestra la información del tipo de suelo presente en la cuenca de estudio, a partir de esta información, se realizó la reclasificación para el modelo SWAT (ver **Tabla 65**).

Tabla 64*Clasificación General de Tipo de suelo según FAO*

Tipo de suelo	Descripción	
	Ingles	Español
I	Lithosols	Litosoles
Tv-c	Vitric Andosols	Andosoles vítricos
GL	Glaciers	Glaciares

Nota. Los datos que se muestran en el cuadro son porcentajes respecto a las áreas abarcadas de cada rango de pendientes dentro de la cuenca.

Tabla 65*Reclasificación de suelos para el modelo SWAT*

Símbolo de suelo	Área (km ²)	Porcentaje	Equivalencia SWAT
I-Tv-c	963.20	74.64%	5542
GL	327.25	25.36%	6998

Nota. Esta tabla muestra la equivalencia que el modelo SWAT utiliza para asignar las características físico-químicas de las capas de suelo al modelo hidrológico.

El mapa de la cuenca con la clasificación del tipo de suelo de la cuenca de estudio se encuentra en el **ANEXO N° 24**.

4.1.3.4 COBERTURA VEGETAL

La información de cobertura vegetal fue obtenida del mapa de cobertura de suelos elaborado por el gobierno regional de Arequipa y se encuentran publicados en la plataforma del SINIA (ver **ANEXO N° 27**). A continuación, se describen las coberturas vegetales presentes en la cuenca de estudio.

YARETALES

Es una especie que crece entre los 3800 hasta 4800 metros sobre el nivel del mar, son plantas en forma de almohadillas que pueden alcanzar hasta 1.20 metros y 2.5 metros de diámetro (Caceres et al., 2012). En la **Figura 49** se muestra una imagen de la cobertura de Yaretas.

Figura 49*Cobertura Yaretales*

Fuente: Caceres De Baldarrago et al. (2012)

TOLARES

Es una especie paisajística de grandes extensiones que se encuentran entre los 3500 a los 4500 metros sobre el nivel del mar. En esta especie predominan las tolas o los pastos, así como también dominio de arbustos de poca preferencia forrajera. Se ubican en zonas planas con pendientes suaves (Zeballos et al., 2010). En la **Figura 50** se muestra una zona de estudio donde se observan los tolares.

Figura 50*Cobertura vegetal - Tolares*

Nota. En esta figura se muestra una fotografía de los Tolares presentes en la cuenca de estudio.

VEGETACIÓN DE SUELOS CRIOTURBADOS

Se encuentran en las partes altas de los Andes tropicales, estas áreas fueron sometidos a una secuencia de hielo y deshielo que provoca un desplazamiento de partícula, el cual modifica la distribución de las capas del suelo (Cano et al., 2010). En la **Figura 51** se muestra un área con pedregosidad superficial dentro de la cuenca de estudio.

Figura 51*Cobertura vegetal - Vegetación de suelos crioturbados*

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente et al. (PNUMA, 2013).

QUEÑUALES

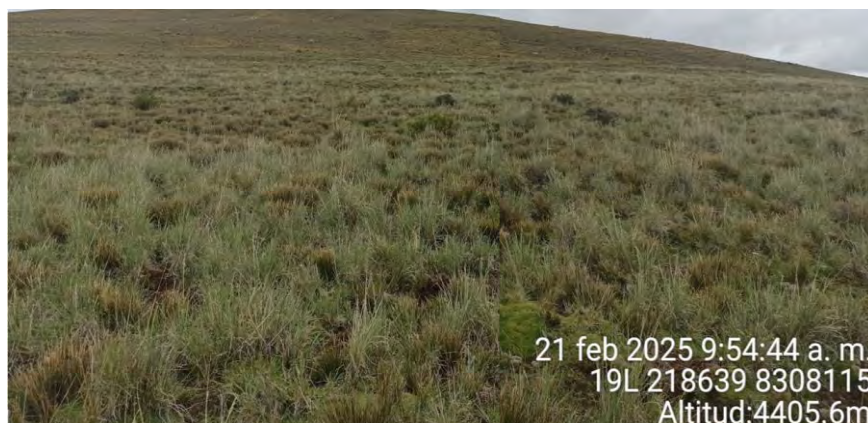
Se encuentran en la parte baja de las quebradas, estas áreas se conforman por bosques y relictos de árboles de poca altura y plantas que pueden alcanzar grandes alturas hasta de 12 metros (Zeballos et al., 2010). En la Figura 52 se muestra la cobertura vegetal de Queñuales.

Figura 52*Cobertura vegetal - Queñuales*

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015)

CÉSPED DE PUNA

Este tipo de vegetación se conforma de plantas pequeñas como *Calamagrostis breviaristata*, *Calamagrostis brevifolia* y *Muhlenbergia peruviana*. El césped de puna se encuentra en zonas adyacentes a los pajonales, en zonas homogéneas con los bofedales y en suelos fértiles, profundos, semihúmedos y franco a franco arcilloso (Zeballos et al., 2010).

Figura 53*Cobertura de suelo - Césped de puna*

Nota. En la **Figura 53** se muestra la cobertura vegetal del césped de puna presente en la cuenca de estudio.

PAJONAL ANDINO

Este tipo de cobertura está conformado por herbazales, se desarrollan depresiones y fondos de glaciares, en terrenos con pendientes desde casi planos hasta escarpados. El pajonal andino se encuentra entre los 3800 a 4800 m. s. n. m. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015).

Figura 54*Cobertura de suelo - Pajonal Andino*

Nota. En la **Figura 54** se muestra la cobertura vegetal del pajonal andino presente en la cuenca de estudio.

ÁREAS SIN O CON POCA VEGETACIÓN

Son áreas donde la cobertura vegetal no existe o es escasa, se caracterizan por suelos desnudos producto de procesos naturales, así como por coberturas arenosas,

afloramientos rocosos y albinas (Autoridad Nacional del Ambiente [ANAM], 2014).

Figura 55

Cobertura de suelo - Áreas sin o con poca vegetación



Nota. En la **Figura 55** se muestra la cobertura vegetal del Áreas sin o con poca vegetación presente en la cuenca de estudio.

BOFEDALES

Es una formación vegetal intrazonal, que se encuentra entre los 3900 y 4800 metros de altitud, se forman en la cabecera y a lo largo de cursos de agua y manantiales. Los bofedales poseen un aspecto se distingue por su ubicación y el verde intenso presente en la mayor parte del año (Zeballos et al., 2010).

Figura 56

Cobertura de suelo - Bofedales



Nota. En la **Figura 56** se muestra uno de los bofedales que se encuentra dentro de la cuenca de estudio.

ÁREA URBANA

Las áreas urbanas son definidas según el Ministerio del Ambiente (2018) por espacios cubiertos por infraestructuras urbanas, áreas verdes y vías de comunicación que configuran un sistema urbano.

Figura 57*Cobertura de suelo - Área urbana*

Nota. En la **Figura 57** se muestra el centro poblado de Caylloma, el área urbana presente dentro de la cuenca de estudio.

LAGOS Y LAGUNAS

Pertenecen a la categoría de aguas lénticas, conformadas de aguas caracterizadas por no presentar corrientes continuas. Los lagos se definen como grandes masas de agua permanentes que se acumulan en depresiones de terreno, mientras las lagunas son depósitos naturales de agua (generalmente dulce) de menor tamaño que los lagos (MINAM, 2018). En la **Figura 58** se muestra una laguna de origen glaciar presente dentro de la cuenca de estudio.

Figura 58*Cobertura de suelo- Lagos y lagunas*

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015)

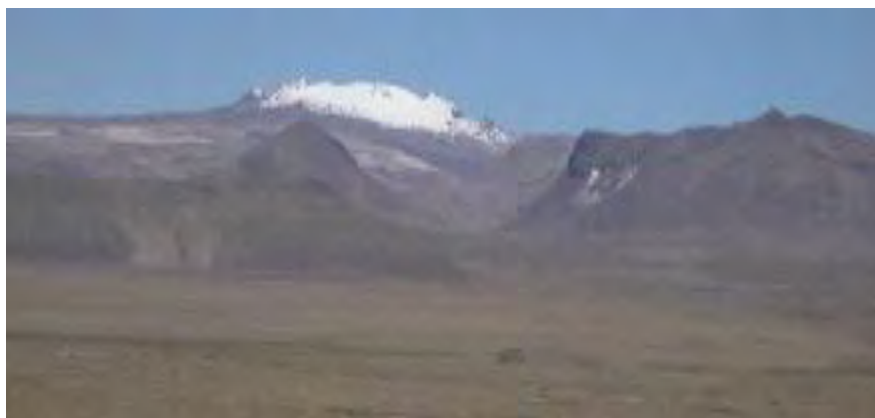
NEVADO

Estas zonas pertenecen a áreas de la superficie terrestre que están cubiertas por

grandes capas de nieve y hielo, las cuales se acumulan en las zonas altas montañas y son conocidas como “nieves perpetuas” (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016). En la **Figura 59** se muestra extiende los glaciares la cuenca de estudio.

Figura 59

Cobertura de suelo - Nevados



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente et al. (PNUMA, 2013).

Para utilizar la información de uso y cobertura de suelos en el modelo SWAT, es necesario realizar una reclasificación de las coberturas de suelo con los códigos del modelo SWAT. En la **Tabla 66** se muestra los tipos de cobertura vegetal presente en la cuenca de estudio, el área que cubre cada cobertura, y los códigos equivalentes en el modelo SWAT.

Tabla 66

Clasificación de uso y cobertura de suelos de la cuenca

Cobertura	Área (km ²)	SWAT	Descripción
Lagos, Lagunas	0.42	WATR	Cuerpos de agua
Yaretales	490.16	FRST	Bosque mezclado
Tolar	250.38	RNGB	Tierras de pastoreo de arbustos
Vegetación de suelos crioturbados	0.42	SWRN	Matorrales o tierras de arbustos
Queñuales	315.35	FRSE	Bosque relicítico altoandino
Área Urbana	37.68	URBN	Área urbana
Nevados	41.35	WATR	Cuerpos de agua
Césped de Puna	135.50	PAST	Pastizales
Pajonal Andino	0.64	RNGE	Pastizales herbáceos
Áreas sin o con poca vegetación	6.59	SWRN	Matorrales o tierras de arbustos
Bofedal	13.13	WETN	Humedales herbáceos

En la **Tabla 67** se muestra el resumen de clasificación de uso y cobertura de suelos según los códigos de SWAT, también en el **ANEXO N° 23** se muestra el mapa de uso y cobertura de suelos en la cuenca de estudio.

Tabla 67

Clasificación de uso y cobertura de suelo según el código de SWAT

Código SWAT	Área (km²)	Porcentaje
FRSE	0.42	0.03%
FRST	0.42	0.03%
PAST	314.35	24.36%
RNGB	490.16	37.98%
RNGE	37.68	2.92%
SWRN	291.74	22.60%
URBN	0.64	0.05%
WATR	19.72	1.53%
WETN	135.50	10.50%

4.1.3.5 UNIDADES DE RESPUESTA HIDROLÓGICA (HRU)

Las unidades de respuesta hidrológica son delimitadas a partir de la clasificación de la pendiente, del tipo de suelo y la cobertura vegetal de la cuenca. Se conforma de tal forma que cada unidad posea las mismas características de las mencionadas anteriormente. Una vez definido las unidades de respuesta hidrológica (HRU), el modelo determinó un total de 1159 HRU para la cuenca en estudio, el mapa de los HRU se muestra en el **ANEXO N° 25**. Una vez definido los HRU, se obtiene el número de curva en condiciones normales de la cuenca que se muestra en el **ANEXO N° 26**.

4.1.3.6 INGRESO DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Se ingresó la información diaria de precipitación, temperatura máxima y mínima al software ArcSWAT, con el formato requerido de precipitación y temperatura.

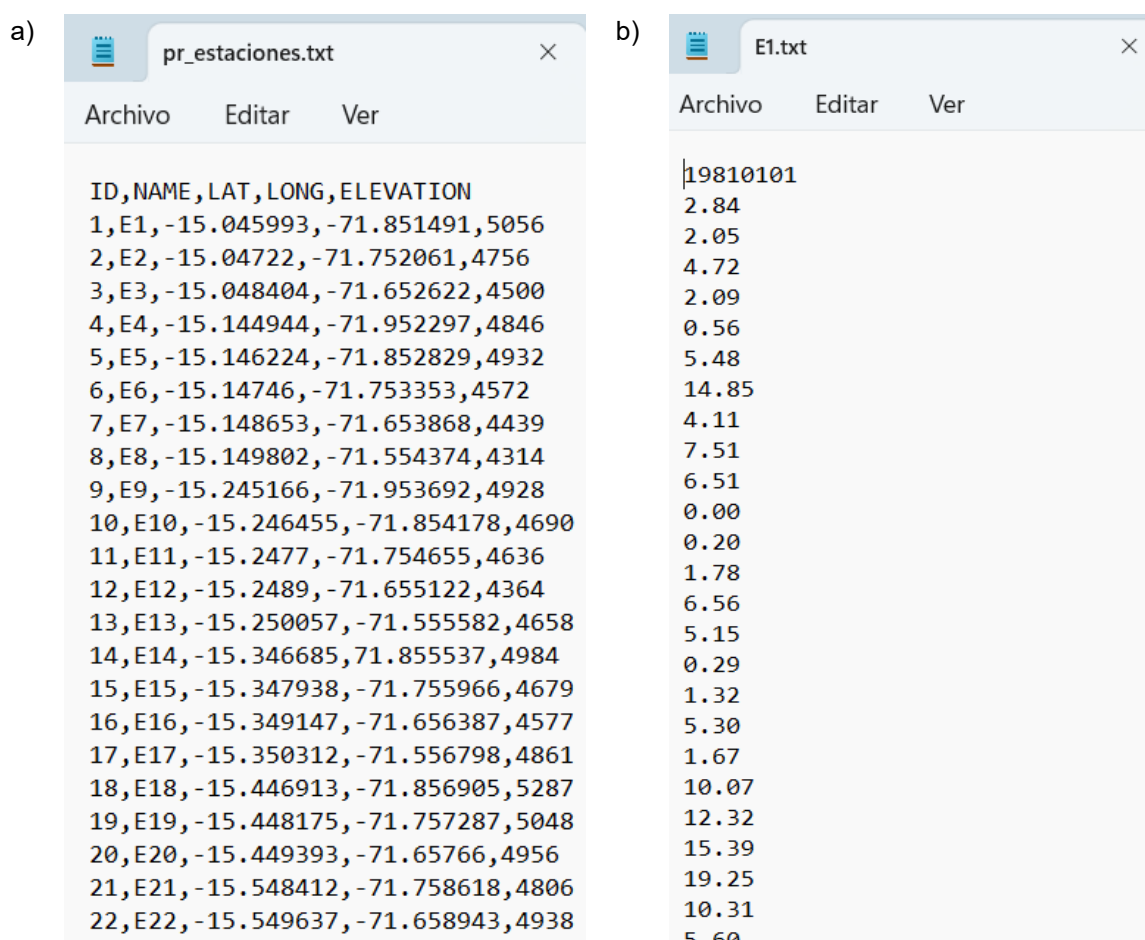
PRECIPITACIÓN

La información de precipitación fue del producto grillado de PISCO para las 22 estaciones ficticias influyentes en la cuenca de estudio, dentro del periodo de 01 de enero 1981 hasta el 31 de diciembre del 2016, los cuales fueron utilizados para la calibración y validación del modelo.

La información introducida al modelo SWAT respecto a la precipitación son de dos archivos en el formato .txt, una que contenga las coordenadas de las 22 estaciones ficticias, y la otra con la información de precipitación para cada estación, colocando la fecha de inicio de los datos de precipitación en la primera fila como se muestra en la **Figura 60**.

Figura 60

Formato de ingreso de información de precipitación para SWAT



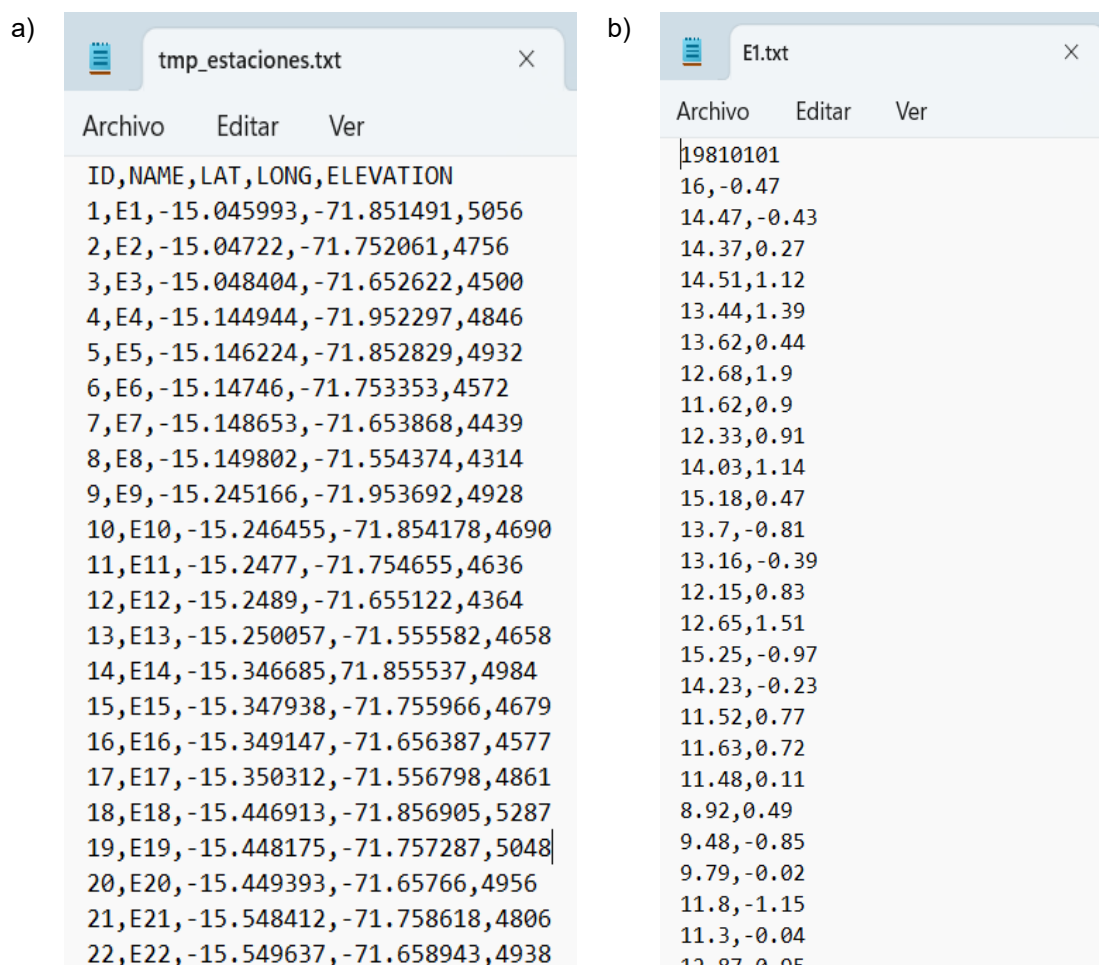
Nota. En la figura a) se muestra el archivo en formato .txt con el nombre de las estaciones y sus respectivas coordenadas. En la figura b) se muestra la forma del archivo en formato .txt de los datos de precipitación para la estación 1, de similar forma se crearon los archivos para todas las estaciones.

TEMPERATURA

La información diaria de temperatura máxima y mínima fue del producto grillado PISCO en el periodo de 1981 al 2016, para introducir esta información a SWAT es necesario concatenar la información de la forma "tasmx, tasmin" en un solo archivo, en la primera fila se colocó la fecha de inicio de los datos de temperatura. En la **Figura 61** se muestra la forma de los archivos a ingresar en el modelo SWAT.

Figura 61

Formato de ingreso de información de temperatura para SWAT



Nota: En la figura a) se muestra la forma del archivo en formato .txt con el nombre de las estaciones y sus respectivas coordenadas, similar al de la precipitación. En la imagen b) se muestra el archivo en formato .txt con la forma de los datos de temperatura máxima y mínima para la estación 1, de similar forma se crearon los archivos para todas las estaciones.

4.1.3.7 SIMULACIÓN INICIAL DEL MODELO SWAT

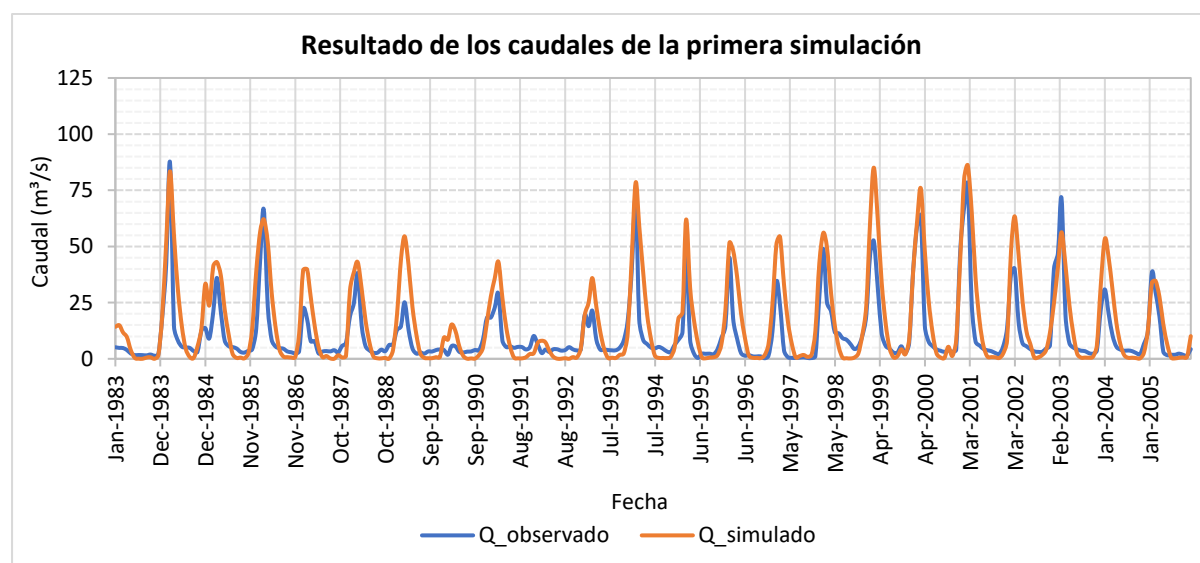
El modelamiento hidrológico fue dividido en los periodos, el periodo de calentamiento, calibración y validación que se describen en la **Tabla 68**.

Tabla 68*Periodos de simulación de SWAT*

	Periodo	Rango de tiempo	Número de años
Periodo de calibración	Calentamiento	1981 – 1982	2
	Calibración	1983 – 2003	21
Periodo de validación	Calentamiento	2003 - 2003	1
	Validación	2004 – 2016	13

Para el modelamiento hidrológico con SWAT, se requiere de información climática a escala diaria, sin embargo, los caudales resultantes del modelamiento pueden ser a escala diaria, mensual y anual, en esta situación. En este estudio debido a la disponibilidad de datos observados para caudales, se trabajó con información a escala mensual.

Una vez realizado la primera simulación con la información del periodo de calibración (1981-2005), se obtuvo una serie de caudales de la primera simulación que se muestra en la **Figura 62** y los valores del coeficiente de determinación (R^2), Nash Sutcliffe (NSE) e Intervenciones y Apoyos Conductuales Positivos (PBIAS) en la **Tabla 69**, los cuales indican que el modelo sobreestima los caudales en periodos de lluvia, y subestima los caudales en el periodo de estiaje. Los valores de esta simulación se muestran en el **ANEXO N° 70**.

Figura 62*Representación gráfica de los caudales observados y primera simulación*

Nota. Se muestra la comparación de hidrogramas del caudal observado y el caudal de la primera simulación del SWAT durante el periodo de calibración.

Tabla 69*Coeficientes estadísticos de la primera simulación*

Criterio estadístico	Valor	Rendimiento del modelo
R²	0.75	Bueno
NSE	0.41	Aceptable
PBIAS	-44.51	Malo

4.1.4 CALIBRACIÓN, VALIDACIÓN Y ANALISIS DE SENSIBILIDAD

El software SWAT-CUP se utilizó para la fase de calibración y análisis de sensibilidad, la validación del modelo se realizó en el software ArcSWAT.

4.1.4.1 CALIBRACION DEL MODELO SWAT

El proceso de calibración se llevó a cabo en el periodo de enero de 1983 a diciembre del 2005, utilizando los caudales observados en el software SWAT-CUP.

La calibración del modelo para las simulaciones de los caudales, fueron a escala diaria debido a los datos observados disponibles en la estación de salida. El software SWAT-CUP permite realizar la calibración y el análisis de sensibilidad de parámetros utilizados en el modelo SWAT, y a través de los coeficientes t-stat y p-value, verificar cuáles son los parámetros más sensibles.

ETAPAS DE CALIBRACION

En la primera parte para la calibración del modelo se realizó una revisión bibliográfica de los antecedentes y la documentación archivos de entrada y salida para SWAT (Arnold et al., 2012), considerando variables que intervienen dentro del ciclo hidrológico, se seleccionaron en total 31 parámetros mostrados en la **Tabla 70** para realizar el análisis de sensibilidad utilizando el software SWAT-CUP.

Tabla 70*Parámetros seleccionados para el análisis de sensibilidad*

	Parámetro	Descripción	Rango	
1	CN2.mgt	Número de curva de escorrentía SCS inicial para la condición de humedad II	-0.2	0.2
2	GW_DELAY.gw	Tiempo de retraso del agua subterránea	30	450
3	GW_REVAP.gw	Coefficiente de “revap” del agua subterránea	0.01	0.2
4	CH_K2.rte	Conductividad hidráulica efectiva en el aluvión del cauce principal	5	130
5	DEP_IMP.hru	Profundidad hasta la capa impermeable en el perfil del suelo	1	6000
6	RCHRG_DP.gw	Fracción de percolación al acuífero profundo	0.01	1
7	ALPHA_BF.gw	Factor alfa del caudal base	0.01	0.2
8	SOL_AWC.sol	Capacidad de agua disponible de la capa del suelo	-0.2	0.4
9	CANMX.hru	Almacenamiento máximo en el dosel	0.01	100
10	REVAPMN.gw	Umbral de profundidad de agua en el acuífero superficial para que ocurra “revap” o percolación profunda	1	500
11	EPCO.hru	Factor de compensación de absorción vegetal	0.01	1
12	ESCO.hru	Factor de compensación de evapotranspiración del suelo	0.01	1
13	SOL_Z.sol	Profundidad desde la superficie del suelo hasta el fondo de la capa	-0.5	0.8
14	SMFMX.bsn	Temperatura de caída de nieve	1.7	6.5
15	SMFMN.bsn	Temperatura base de fusión de nieve	1.7	6.5
16	SFTMP.bsn	Factor de fusión para nieve el 21 de junio	-5	5
17	SMTMP.bsn	Factor de fusión para nieve el 21 de diciembre	-5	5
18	TIMP.bsn	Factor de retardo de temperatura del manto de nieve	0.01	1
19	SURLAG.bsn	Coefficiente de retardo de escorrentía superficial	1	24
20	CH_K1.sub	Conductividad hidráulica efectiva en el aluvión de los cauces tributarios	0.025	150
21	CH_N1.sub	Valor ‘n’ de Manning para los cauces tributarios	0.025	0.065
22	ALPHA_BNK.rte	Factor alfa de caudal base para almacenamiento en la ribera	0.01	1
23	SLSUBBSN.hru	Longitud media de pendiente	0.01	0.2
24	OV_N.hru	Valor “n” de Manning para flujo superficial	0.01	0.5
25	SOL_BD.sol	Densidad aparente húmeda	-0.5	0.6
26	SOL_K.sol	Conductividad hidráulica saturada	-0.8	0.8
27	HRU_SLP.hru	Inclinación promedio de la pendiente	0.01	0.2
28	LAT_TTIME.hru	Tiempo de recorrido del flujo lateral	0.01	1
29	SLSOIL.hru	Longitud de pendiente del flujo subsuperficial lateral	0.01	0.2
30	GWQMN.gw	Profundidad umbral del agua en el acuífero somero requerida para que se produzca el flujo de retorno	0.01	5000
31	CH_N2.rte	Valor de “n” de Manning para el canal principal	0.025	0.30

3.1.1.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

En la calibración del modelo usando el software SWAT CUP, se define la función objetivo, el rango inicial y el método de cambio para los parámetros, existen 3 formas de cambio.

Tabla 71

Métodos de cambio en parámetros de SWAT-CUP

Método		Descripción
r	Relativo	Multiplica el valor del parámetro por (1+ valor obtenido)
v	Reemplazo	Reemplaza el valor existente por el valor obtenido
a	Absoluto	Suma el valor existente con el valor obtenido

Nota. Elaboración propia en base al software SWAT-CUP

Para el análisis de sensibilidad, se realizó la primera iteración se realizaron 500 simulaciones considerando los 31 parámetros, en la **Tabla 72**, se muestran los resultados para los valores de con p-value y t-Stat. Los 10 parámetros con p-value > 0.05 y con valores absolutos de t-Stat superior a 2, son los parámetros más sensibles, sin embargo, se realizó un análisis adicional de forma manual utilizando ArcSWAT, se verificó cómo los caudales varían modificando los parámetros de forma individual.

Tabla 72*Análisis de sensibilidad de los parámetros seleccionados*

Parámetro	Sensibilidad	
	t-Stat	P-Value
21:V__CH_N1.sub	-0.13	0.90
11:V__EPCO.hru	0.24	0.81
15:V__SMFMN.bsn	0.25	0.80
10:V__REVAPMN.gw	0.27	0.78
23:V__SLSUBBSN.hru	-0.32	0.75
28:V__LAT_TTIME.hru	0.42	0.67
19:V__SURLAG.bsn	0.45	0.65
14:V__SMFMX.bsn	0.46	0.64
29:V__SLSOIL.hru	-0.55	0.58
24:V__OV_N.hru	-0.55	0.58
8:R__SOL_AWC(..).sol	-0.66	0.51
16:V__SFTMP.bsri	0.71	0.48
18:V__TIMP.bsn	0.85	0.40
30:V__GWQMN.gw	-0.86	0.39
25:R__SOL_BD(..).sol	1.01	0.31
6:V__RCHRG_DP.gw	1.07	0.28
7:V__ALPHA_BF.gw	1.11	0.27
9:V__CANMX.hru	-1.25	0.21
26:R__SOL_K(..).sol	1.42	0.16
2:V__GW_DELAY.gw	-1.75	0.08
13:R__SOL_Z(..).sol	1.80	0.07
3:V__GW_REVAP.gw	-2.04	0.04
17:V__SMTMP.bsn	-2.23	0.03
22:V__ALPHA BNK.rte	2.64	0.01
31:V__CH_N2.rte	-3.03	0.00
12:V__ESCO.hru	3.12	0.00
5:V__DEP IMP.hru	-3.22	0.00
27:V__HRU_SLP.hru	3.81	0.00
20:V__CH_K1.sub	-4.20	0.00
1:R__CN2.mgt	6.32	0.00
4:V__CH K2.rte	-24.70	0.00

En la **Figura 63** se muestra la representación gráfica del resultado del análisis de sensibilidad, mostrando una gráfica de forma decreciente para los valores de p-value.

Figura 63*Análisis de sensibilidad con SWAT-CUP*

Nota. Se muestra la representación gráfica del resultado del análisis de sensibilidad obtenido del software SWAT-CUP en base al modelamiento de SWAT del estudio.

Realizado la verificación en ArcSWAT, se seleccionaron 10 parámetros que tenían mejor comportamiento en el ajuste de los caudales. Los parámetros seleccionados se muestran en la **Tabla 73**, se seleccionaron 1 parámetro de escorrentía superficial (CN2), 5 parámetros de aguas subterráneas (RCHRG_DP, ALPHA_BF, GW_DELAY, GW_REVAP y ALPHA_BNK), enrutamiento de agua en canales (CH_K2 y DEP_IMP) y Potencial and Actual Evapotranspiración (CANMX y ESCO).

Tabla 73*Parámetros seleccionados para calibración*

Parámetros	Descripción	Rango inferior	Rango superior
v__RCHRG_DP.gw	Fracción de percolación al acuífero profundo	0.01	1
v__ALPHA_BF.gw	Factor alfa del caudal base	0.01	0.2
v__CANMX.hru	Almacenamiento máximo en el dosel	0.01	100
v__GW_DELAY.gw	Tiempo de retraso del agua subterránea	30	450
v__GW_REVAP.gw	Coefficiente de “revap” del agua subterránea	0.01	0.2
v__ALPHA_BNK.rte	Factor alfa de caudal base para almacenamiento en la ribera	0.01	1
v__ESCO.hru	Factor de compensación de absorción vegetal	0.01	1
v__DEP_IMP.hru	Profundidad hasta la capa impermeable en el perfil del suelo	1	6000
r__CN2.mgt	Número de curva de escorrentía SCS inicial para la condición de humedad II	-0.2	0.2
v__CH_K2.rte	Conductividad hidráulica efectiva en el aluvión del cauce principal	5	130

El software SWAT-CUP utiliza el NSE como coeficiente de referencia para la calibración, y al finalizar la iteración muestra un resumen de los parámetros con mejor NSE.

Se realizaron varias iteraciones utilizando estos parámetros, debido a que el software requiere largos periodos de procesamiento y es demandante para un elevado número de simulaciones, la primera iteración en el software SWAT CUP se realizó con 500 simulaciones, y los siguientes fueron de 200 y 100 simulaciones acortando los rangos para cada iteración. El conjunto de valores utilizados en SWAT-CUP, fueron confirmados para el mismo periodo en SWAT, dando como mejor simulación los valores mostrados en la **Tabla 74**.

Tabla 74*Valores de los parámetros con mejor simulación*

Parámetros	Valor
v__RCHRG_DP.gw	0.59
v__ALPHA_BF.gw	0.1734
v__CANMX.hru	0.263
v__GW_DELAY.gw	90.60
v__GW_REVAP.gw	0.1195
v__ALPHA_BNK.rte	0.1835
v__ESCO.hru	0.7425
v__DEP_IMP.hru	2800
r__CN2.mgt	0.054
v__CH_K2.rte	83.40

En la calibración de los parámetros se muestra que el método de cambio de parámetro absoluto para todos, por consiguiente, todos los parámetros serán reemplazados en el modelo, sin embargo, el parámetro de Numero de curva (CN2), es el parámetro que es variable en toda la cuenca, por método de cambio de parámetro relativo, se muestra la **Tabla 75** con los valores del número de curva inicial del modelo y el número de curva ajustado una vez realizado la calibración del modelo.

Tabla 75

Numero de curva Ajustado

Número de Curva	Uso de suelo	Tipo de suelo	Numero de Curva Ajustado
72	URBN	I-Tv-c-5542	75.89
73	FRST	I-Tv-c-5542	76.94
	RNGB	I-Tv-c-5542	
74	SWRN	I-Tv-c-5542	78.00
	RNGB	I-Tv-c-5542	
	SWRN	I-Tv-c-5542	
77	FRSE	GLACIER-6998	81.16
	PAST	I-Tv-c-5542	
	RNGE	I-Tv-c-5542	
79	WETN	I-Tv-c-5542	83.27
	PAST	I-Tv-c-5542	
	FRST	GLACIER-6998	
	RNGB	GLACIER-6998	
80	SWRN	GLACIER-6998	84.32
	RNGB	GLACIER-6998	
	PAST	GLACIER-6998	
84	WETN	GLACIER-6998	88.54
	RNGE	GLACIER-6998	
	PAST	GLACIER-6998	
92	WATR	I-Tv-c-5542	96.97
	WATR	GLACIER-6998	

Nota. Los numero des curva mostrados, fueron obtenidos del modelo SWAT, y los valores ajustados fueron obtenidos aplicando el método de cambio relativo.

En la **Tabla 76** se muestran los coeficientes estadísticos de evaluación, una vez realizado la calibración del modelo. También los caudales simulados en el modelo SWAT de etapa se muestran en el **ANEXO N° 71**.

Tabla 76*Coefficientes estadísticos del modelo calibrado*

Criterio estadístico	Valor	Rendimiento del modelo
R²	0.86	Muy bueno
NSE	0.78	Bueno
PBIAS (%)	-17.58	Satisfactorio

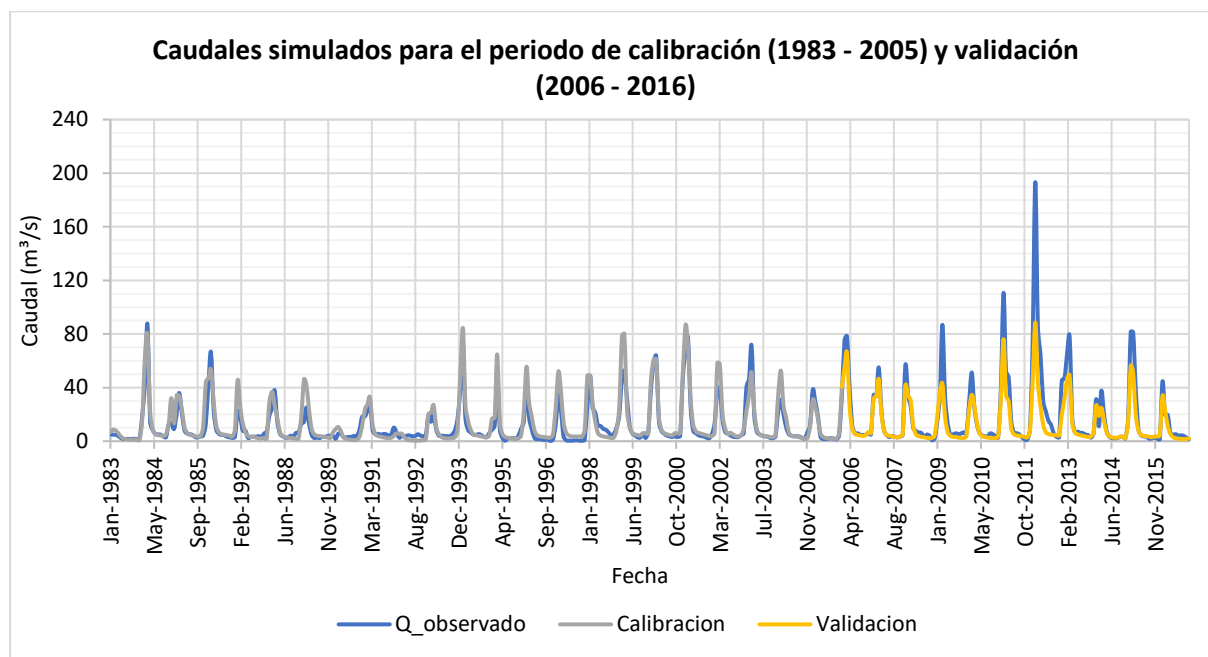
4.1.4.2 VALIDACIÓN DEL MODELO SWAT

Obtenidos los valores de la mejor simulación fueron validados en el software SWAT en el periodo de validación de enero del 2006 a diciembre del 2016, los valores de esta simulación se muestran en el **ANEXO Nº 71**. Además, se calcularon los valores estadísticos (ver **Tabla 2**) de la etapa de calibración y validación del modelo SWAT, los cuales indican valores satisfactorios y se muestran en la **Tabla 77**,

Tabla 77*Resumen de los criterios estadísticos del modelo SWAT*

Etapas	Periodo	Criterio estadístico	Valor	Rendimiento del modelo
Calibración	1983 – 2005	R ²	0.86	Muy bueno
		NSE	0.78	Bueno
		PBIAS (%)	-17.58	Satisfactorio
Validación	2006 - 2016	R ²	0.87	Muy bueno
		NSE	0.75	Bueno
		PBIAS (%)	24.84	Satisfactorio

En la **Figura 64** se muestra el histograma con la serie de caudales del periodo de calibración (1983 al 2005) y validación (2006 al 2016), se observa que durante el periodo de calibración los caudales simulados se asemejan mejor a los caudales observados que en el periodo de validación, donde se muestra una subestimación de los picos, durante la validación, se realizó una compensación de la mejor forma el comportamiento de los caudales, tomando en cuenta los valores de los criterios estadísticos, de tal forma que ambos periodos tuvieran un comportamiento satisfactorio.

Figura 64*Histograma de caudales - Periodo de calibración y validación*

Nota. Elaboración propia basado en el modelamiento SWAT.

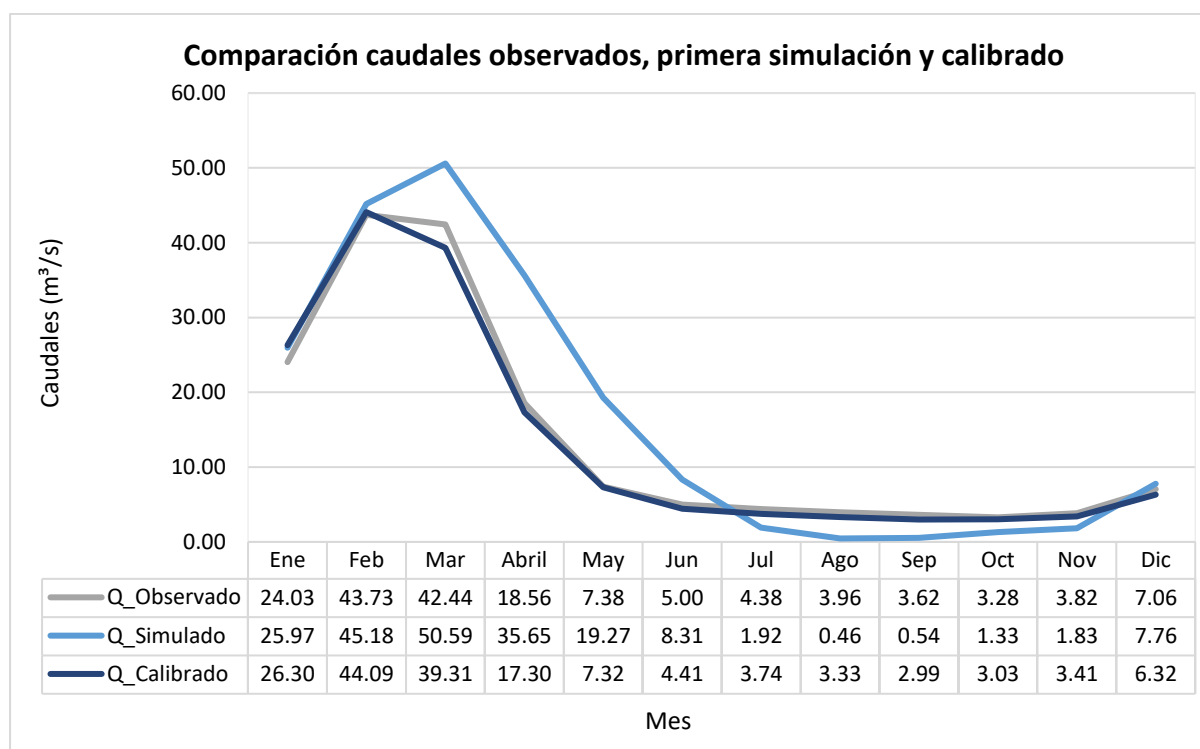
Una vez realizado las simulaciones y calibración del modelo hidrológico SWAT, se realizó también un resumen de los caudales observados, simulados y calibrados.

Tabla 78*Comparación de caudales observados, primera simulación y calibrados*

Mes	Comparación de caudales		
	Caudales Observados	Caudales Simulados	Caudales Calibrados
Enero	24.03	25.97	26.30
Febrero	43.73	45.18	44.09
Marzo	42.44	50.59	39.31
Abril	18.56	35.65	17.30
Mayo	7.38	19.27	7.32
Junio	5.00	8.31	4.41
Julio	4.38	1.92	3.74
Agosto	3.96	0.46	3.33
Septiembre	3.62	0.54	2.99
Octubre	3.28	1.33	3.03
Noviembre	3.82	1.83	3.41
Diciembre	7.06	7.76	6.32

Figura 65

Comparación de caudales observados, primera simulación y calibrados



4.1.5 ANÁLISIS DE MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL

4.1.5.1 INFORMACIÓN DE MODELOS DE CIRCULACION GENERAL DEL CMIP6

En este estudio se consideraron un total de 24 Modelos de Circulación General del CMIP6. En la **Tabla 79** se muestra los Modelos de Circulación General del CMIP6, la resolución espacial de los archivos, el país de desarrollo y la institución o centro de investigación que desarrolla y mantiene el modelo.

Los 24 modelos de circulación mostrados en la **Tabla 79** son aquellos modelos que poseen información diaria de precipitación, temperatura máxima y mínima para el periodo histórico y los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5

Tabla 79

Modelos de Circulación General del CMIP6

Modelos Climáticos	Resolución	País	Institución
ACCESS-CM2	250km	Australia	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australian Research Council Centre of Excellence for Climate System Science (ARCCSS)
ACCESS-ESM1-5	250km	Australia	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
AWI-ESM-1-REcoM	250km	Alemania	Alfred Wegener Institute (AWI)
CanESM5	500km	Canadá	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma)
CanESM5-1	500km		
CMCC-ESM2	100km	Italia	Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC)
CNRM-CM6-1	50km	Francia	Centre National de Recherches Meteorologiques (CNRM), Centre Europeen de Recherche et de Formation Avancee en Calcul Scientifique (CERFACS)
CNRM-ESM2-1	250km		
EC-Earth3	100km	Suecia	EC-Earth-Consortium, Rossby Center, Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
EC-Earth3-Veg-LR	100km		
EC-Earth3-CC	100km		
GFDL-ESM4	250km	Estados Unidos	National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)
HadGEM3-GC31-LL	250km	Reino Unido	Met Office Hadley Centre (MOHC)
INM-CM4-8	100km	Rusia	Institute for Numerical Mathematics (INM)
INM-CM5-0	100km		
IPSL-CM6A-LR	100km	Francia	Institut Pierre Simon Laplace (IPSL)
KACE-1-0-G	250km	Corea del Sur	National Institute of Meteorological Sciences (NIMS), Korea Meteorological Administration (KMA)
KIOST-ESM	250km	Corea del Sur	Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST)
MIROC6	250km	Japón	Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC)
MRI-ESM2-0	100km	Japón	Meteorological Research Institute (MRI)
NorESM2-LM	250km	Noruega	Norwegian Climate Centre (NCC)
NorESM2-MM	100km		
TaiESM1	100km	Taiwán	Research Center for Environmental Changes (RCEC), Academia Sinica (AS)
UKESM1-0-LL	250km	Reino Unido	Met Office Hadley Centre (MOHC)

Nota. Elaborado en base a la información Coupled Model Intercomparison Project (CMIP, s. f.)

4.1.5.2 REDUCCIÓN DE ESCALA DE LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL

Los modelos de circulación general poseen grandes resoluciones, lo que afecta la precisión en las simulaciones e impide captar detalles climáticos a nivel local, por este motivo se realiza la corrección de sesgo, con el fin de captar de mejor manera el comportamiento climático en la zona de estudio.

CORRECCIÓN DE SESGOS MEDIANTE EL SOFTWARE CMHYD

La corrección de sesgo de la información fue realizada mediante el método “Distribution mapping of precipitation and temperature” utilizando el software de CMhyd para cada punto de las estaciones ficticias, con el fin de seleccionar el modelo con mejor ajuste al periodo histórico de nuestra zona de estudio. Se realizó la corrección de sesgo para los variables de precipitación, temperatura máxima y mínima de los 24 modelos climáticos, utilizando el periodo histórico y los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 para las 22 estaciones ficticias consideradas en la cuenca de estudio.

4.1.5.3 SELECCIÓN DE MODELO DE CIRCULACIÓN GENERAL

. La selección del modelo se realizó una vez finalizado la corrección de sesgo a escala diaria para las 22 estaciones ficticias en el periodo histórico de 1981 al 2014, el modelo con mejor comportamiento para cada variable climática y estación, fue basada en los criterios de evaluación del coeficiente de correlación (R), el error cuadrático medio (RMSE) y coeficiente del PBIAS (ver **Tabla 4**) y en los diagramas de Taylor.

Estos valores se obtuvieron a partir de la comparación de la información histórica del producto PISCO y los 24 modelos climáticos para cada estación virtual, en la **Tabla 80** se muestra los modelos con mejor rendimiento para cada estación y para cada variable, así como los criterios de evaluación obtenidos con los 24 modelos para cada estación virtual en el **ANEXO N° 74**, **ANEXO N° 75** y **ANEXO N° 76**.

DIAGRAMA DE TAYLOR

Para la visualización de resultados de forma gráfica, se realizó el diagrama de Taylor realizado en el Software Spyder de Python, estos se muestran estos diagramas ara las 22 estaciones ficticias de estudio desde el **ANEXO N° 77** hasta el **ANEXO N° 83**, para la variable de precipitación, desde el **ANEXO N° 84** hasta el **ANEXO N° 90** para la temperatura máxima y desde el **ANEXO N° 91** hasta el **ANEXO N° 97** para la temperatura mínima. En estos diagramas se visualizan los valores del coeficiente de correlación, RMSE y desviación estándar de los 24 modelos de circulación general del CMIP6.

Tabla 80*Modelo seleccionado para cada variable y estación*

Estación	Precipitación				Temperatura máxima				Temperatura mínima			
	Modelos	PBIAS	RMSE	R	Modelos	PBIAS	RMSE	R	Modelos	PBIAS	RMSE	R
E1	ACCESS-ESM1-5	2.00	4.33	0.38	INM-CM4-8	0.002	2.00	0.59	EC-Earth3-CC	0.000	2.18	0.70
E2	ACCESS-ESM1-5	1.97	4.62	0.39	INM-CM4-8	0.002	2.02	0.55	EC-Earth3-CC	0.000	2.20	0.69
E3	EC-Earth3	3.86	5.16	0.38	INM-CM4-8	0.002	2.07	0.46	EC-Earth3-CC	-0.001	2.38	0.72
E4	ACCESS-ESM1-5	2.01	3.85	0.38	INM-CM4-8	0.002	2.10	0.55	EC-Earth3-CC	-0.001	2.41	0.79
E5	AWI-ESM1-1-REcoM	-0.03	5.21	0.30	INM-CM4-8	0.002	2.04	0.54	EC-Earth3-CC	-0.001	2.22	0.68
E6	ACCESS-ESM1-5	2.59	4.48	0.31	INM-CM4-8	0.002	2.13	0.44	EC-Earth3-CC	-0.001	2.51	0.74
E7	EC-Earth3	5.17	5.66	0.27	INM-CM4-8	0.002	2.12	0.38	EC-Earth3-CC	-0.001	2.81	0.76
E8	EC-Earth3	4.04	5.24	0.34	INM-CM4-8	0.002	2.03	0.41	EC-Earth3-CC	-0.001	2.64	0.80
E9	NorESM2-LM	0.33	3.04	0.37	INM-CM4-8	0.002	2.08	0.49	EC-Earth3-CC	-0.001	2.39	0.77
E10	ACCESS-ESM1-5	1.61	3.47	0.36	INM-CM4-8	0.002	2.04	0.48	EC-Earth3-CC	0.001	2.45	0.74
E11	EC-Earth3	1.35	4.00	0.31	INM-CM4-8	0.002	2.09	0.41	EC-Earth3-CC	0.001	2.54	0.78
E12	EC-Earth3	1.58	4.64	0.29	INM-CM4-8	0.002	2.06	0.38	EC-Earth3-CC	-0.001	2.63	0.80
E13	EC-Earth3	3.32	4.70	0.33	INM-CM4-8	0.002	2.12	0.39	EC-Earth3-CC	0.001	2.58	0.81
E14	ACCESS-ESM1-5	1.947	3.23	0.35	INM-CM4-8	0.002	2.00	0.50	EC-Earth3-CC	-0.006	2.30	0.75
E15	EC-Earth3	1.73	3.75	0.34	INM-CM4-8	0.002	2.04	0.45	EC-Earth3-CC	-0.001	2.59	0.79
E16	EC-Earth3	1.68	3.99	0.34	INM-CM4-8	0.002	2.17	0.40	EC-Earth3-CC	-0.001	2.60	0.77
E17	UKESM1-0-LL	0.87	4.42	0.31	INM-CM4-8	0.002	2.13	0.41	EC-Earth3-CC	-0.002	2.54	0.78
E18	UKESM1-0-LL	1.27	3.19	0.33	INM-CM4-8	0.002	2.07	0.40	EC-Earth3-CC	-0.006	2.21	0.69
E19	ACCESS-ESM1-5	2.27	3.29	0.32	INM-CM4-8	0.002	2.03	0.43	EC-Earth3-CC	-0.000	2.29	0.71
E20	UKESM1-0-LL	2.05	3.37	0.32	INM-CM4-8	0.002	2.00	0.44	EC-Earth3-CC	-0.001	2.33	0.77
E21	UKESM1-0-LL	1.35	3.35	0.29	INM-CM4-8	0.002	1.97	0.44	EC-Earth3-CC	0.003	2.13	0.71
E22	IPSL-CM6A-LR	2.01	3.13	0.32	INM-CM4-8	0.002	1.94	0.45	EC-Earth3-CC	-0.004	2.25	0.76

Nota. En la tabla se muestra el modelo con mejor rendimiento junto a los valores de PBIAS, RMSE y r para las 22 estaciones ficticias.

Realizado el análisis de los coeficientes estadísticos de los modelos de circulación general para cada estación ficticia, se muestran diferentes modelos climáticos para la precipitación, el modelo INM-CM4-8 para la temperatura máxima y el modelo EC-Earth3-CC para la temperatura mínima. Para la elección de un modelo de circulación general representativo en la cuenca de estudio, se realizó la verificación en las simulaciones de los caudales con SWAT, utilizando el modelo anteriormente calibrado, para lo cual, se utilizó los datos climáticos de los modelos presentes en la **Tabla 80**. Se muestra el resumen de los modelos climáticos seleccionados en la **Tabla 81**.

Tabla 81

Resumen de los modelos climáticos seleccionados para las variables climáticas

Modelos seleccionados	Precipitación	Temperatura mínima	Temperatura máxima
ACCESS-ESM1-5	ACCESS-ESM1-5	INM-CM4-8	EC-Earth3-CC
AWI-ESM-1-REcoM	AWI-ESM-1-REcoM		
EC-Earth3-CC	EC-Earth3		
EC-Earth3	IPSL-CM6A-LR		
INM-CM4-8	NorESM2-LM		
IPSL-CM6A-LR	UKESM1-0-LL		
NorESM2-LM			
UKESM1-0-LL			

Nota. Se muestra el resumen de los modelos seleccionados uniendo la información de la tabla **Tabla 80**, obteniendo 8 modelos de circulación general.

VERIFICACIÓN DE LOS MODELOS CLIMÁTICOS A PARTIR DE CAUDALES

La información climática de los 8 modelos de circulación general fue simulada con el modelo SWAT y se obtuvo 8 series de caudales mensuales desde 1981 al 2014, utilizando 2 años para el periodo de calentamiento, siendo la información resultante desde enero del 1983 a diciembre del 2014, los caudales simulados bajo los 8 modelos climáticos se muestran desde el **ANEXO N° 98** hasta el **ANEXO N° 105**. Las series de caudales fueron comparadas con los datos de la estación hidrométrica La Angostura y se determinó los coeficientes estadísticos para analizar el rendimiento del modelo que son mostradas en la **Tabla 82**.

Tabla 82

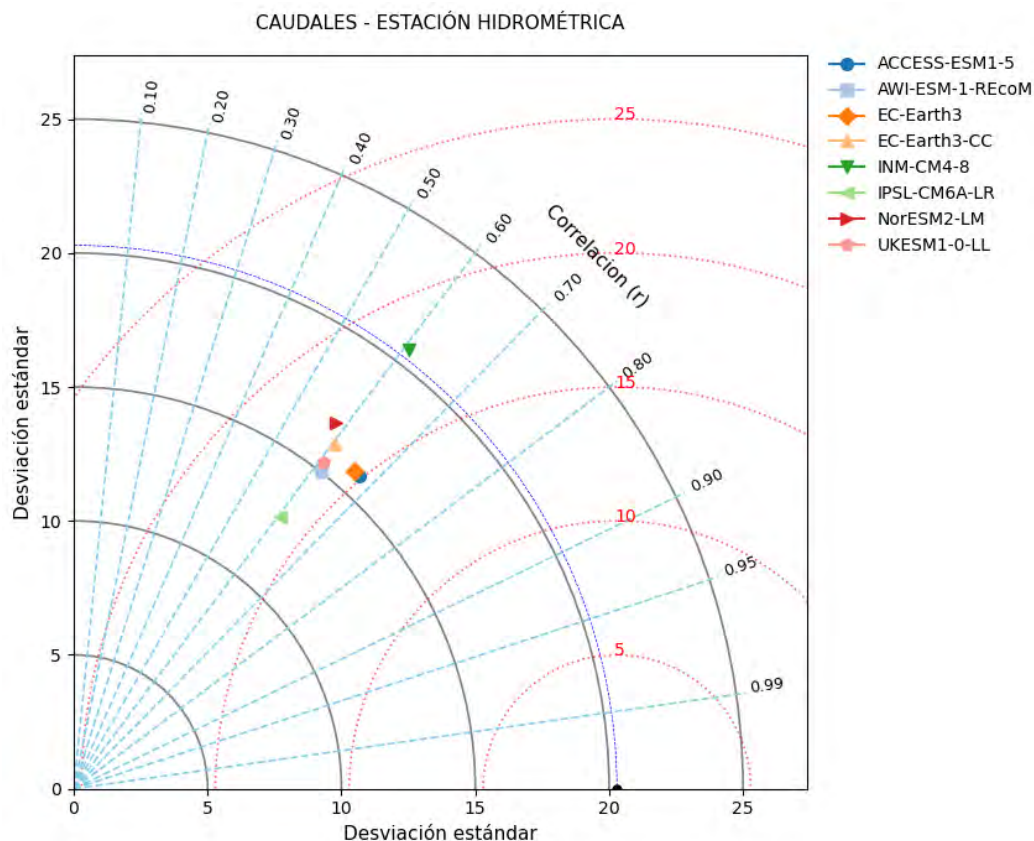
Coefficientes estadísticos para los caudales con los 8 modelos climáticos

Modelos	PBIAS	RMSE	R
ACCESS-ESM1-5	11.27	15.19	0.67
AWI-ESM-1-REcoM	8.31	16.23	0.61
EC-Earth3-CC	7.67	16.64	0.60
EC-Earth3	8.74	15.43	0.66
INM-CM4-8	-6.74	18.15	0.46
IPSL-CM6A-LR	22.32	16.44	0.60
NorESM2-LM	4.36	17.23	0.58
UKESM1-0-LL	7.27	16.41	0.61

Se realizó el diagrama de Taylor que se muestra en la **Figura 66** donde se muestra el rendimiento de los 8 modelos climáticos respecto al caudal.

Figura 66

Diagrama de Taylor de los 8 modelos de circulación general para los caudales



Nota. El Diagrama de Taylor muestra los valores de coeficiente de correlación (R) con la línea celeste, error cuadrático medio (RMSE) en la línea roja y desviación estándar en la línea negra, se visualiza que el modelo con mejor comportamiento es el modelo ACCESS-ESM1-5, que es el más cercano al punto “Observado”.

A partir de la información anterior se obtuvo que el modelo con mejor desempeño respecto a los caudales es ACCESS-ESM1-5, que fue seleccionado para realizar el análisis de cambio climático en la cuenca en estudio.

4.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISIS DE PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO

El análisis de proyecciones del cambio climático fue dividido en dos partes, la primera parte, evalúa las tendencias de la información anual de las variables (precipitación, temperatura media y los caudales) en el periodo observado de 1981 al 2016 y las proyecciones futuras del 2025 al 2100 para los escenarios SSP2-4.5 y SSP-8.5 del modelo ACCESS-ESM1-5, debido a que el periodo histórico concluye en el año 2016 por la disponibilidad de información y el futuro inicia en el 2025, el 2017 al 2024 será considerado como un periodo de transición. En la segunda parte se realizó el análisis de las variables bajo

la división de periodos futuros a partir del 2025 al 2100, considerando información mensual multianual de precipitación, temperatura y el caudal.

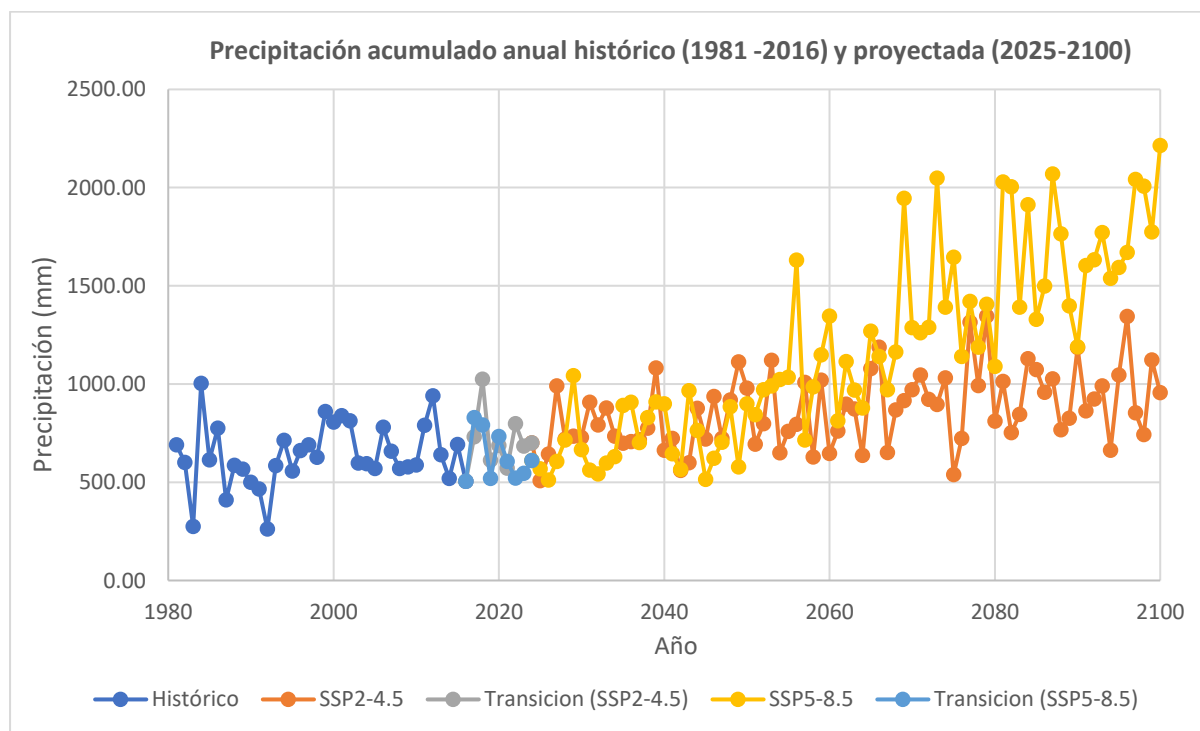
4.2.1.1 TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL

En el análisis de tendencia para la precipitación, se utilizó la precipitación acumulada anual de la cuenca, siendo la información que muestra mejor las tendencias de los escenarios. También se obtuvo la información promedio de todas las estaciones, obteniendo una serie promedio para la cuenca, para el periodo histórico de 1981 al 2016 y para los dos escenarios en el periodo del 2025 al 2100. Los datos del promedio todas las estaciones para la precipitación acumulada mensual se muestran en el **ANEXO N° 72**, **ANEXO N° 114** y **ANEXO N° 115**, para los periodos histórico, escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 respectivamente.

En el gráfico de líneas (ver **Figura 67**) se muestra la tendencia de la precipitación en los periodos histórico (1981-2016) y proyectado (2025-2100), se observa que existe una tendencia al incremento en el periodo proyectado bajo los dos escenarios del modelo climático ACCESS-ESM1-5, donde el escenario SSP5-8.5 predice una precipitación media anual en el periodo de 2025 al 2100 de 869.59 mm y de 1174.53 mm en el escenario SSP2-4.5.

Figura 67

Precipitación acumulada anual histórica y proyectada-Escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5



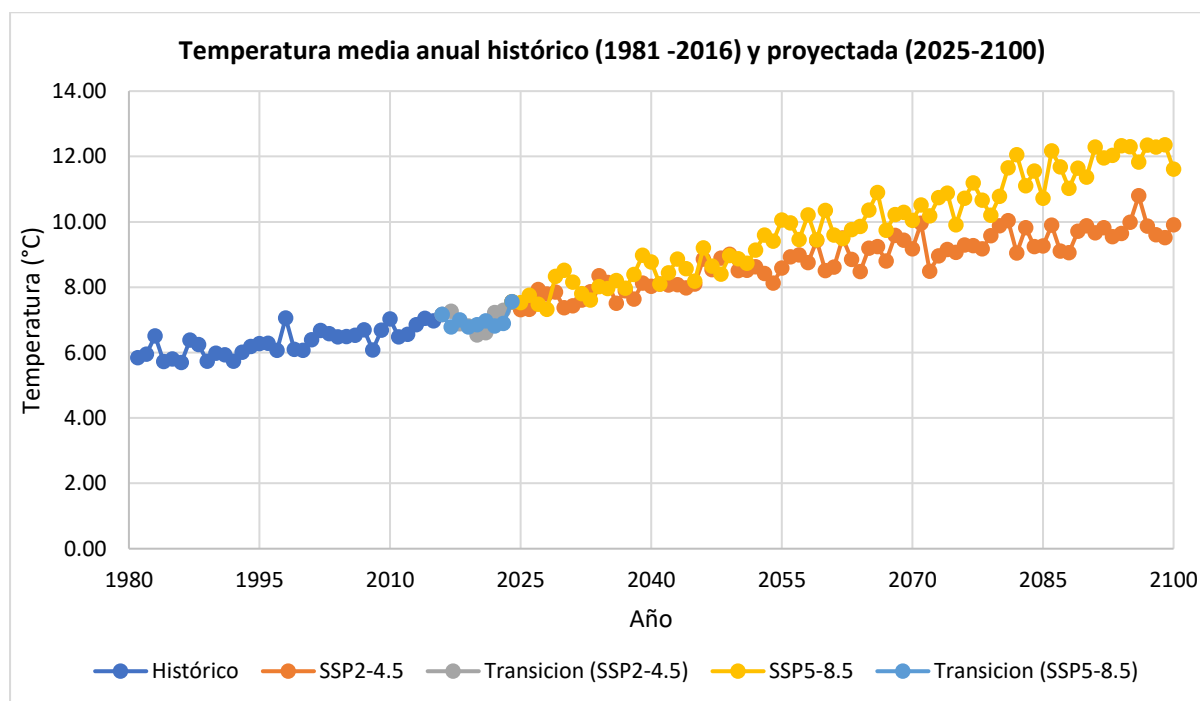
4.2.1.2 TENDENCIA DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL

En el análisis de tendencia para la temperatura, se utilizó la información de temperatura media de la cuenca, la cual fue obtenida mediante el promedio de las temperaturas máximas y mínimas, así mismo, se utilizó el promedio de todas las estaciones de la cuenca, obtenido una serie similar al de la precipitación, en el periodo histórico de 1981 2016 y los proyectados a partir del año 2025 al 2100. Para una mejor visualización de la tendencia de la temperatura, fue necesaria la obtención de los datos anuales. Los datos promediados de todas las estaciones de la temperatura media mensual se encuentran en el **ANEXO N° 73** para el periodo histórico, el **ANEXO N° 116** y **ANEXO N° 117** para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 respectivamente.

En la **Figura 68** se muestra la gráfica de la tendencia de la temperatura media en los periodos histórico y proyectado bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5, donde se observa que la temperatura, durante el periodo histórico de 1981 al 2016 la cuenca sufre una tendencia al calentamiento y de similar manera se presenta un incremento en los dos escenarios. El escenario SSP5-8.5 posee una tasa de incremento superior al escenario SSP2-4.5. Las proyecciones en la variable de temperatura media anual bajo el modelo ACCESS-ESM1-5, muestra el promedio en el periodo de 2025 al 2100 de 8.85°C en el escenario SSP2-4.5 y de 9.92°C en el escenario SSP5-8.5.

Figura 68

Temperatura media anual histórica y proyectada - Escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5



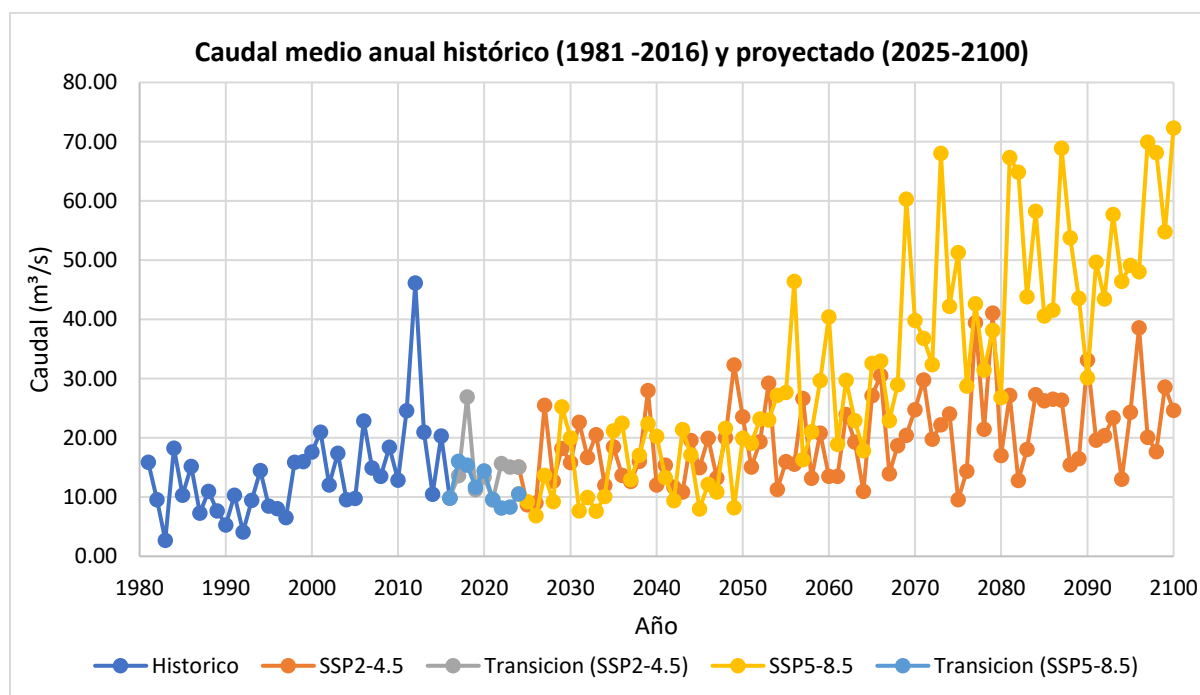
4.2.1.3 TENDENCIA DE CAUDALES MEDIOS ANUALES

En el análisis de tendencia para los caudales medio anuales, para este análisis se utilizó la información de caudales promedios de la cuenca, la cual fue obtenida mediante el promedio de los caudales de la estación de salida en el periodo de 1981 al 2100. Para una mejor visualización de la tendencia de los caudales, fue necesaria la obtención de los datos anuales. La información mensual de los caudales del punto de salida se muestra en el **ANEXO N° 29**, **ANEXO N° 118** y **ANEXO N° 119** para el periodo histórico, escenario SSP2-4.5 y escenario SSP8.5, respectivamente.

En la **Figura 69** se muestra el gráfico con la tendencia de los caudales en los periodos histórico y proyectado bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5, donde se observa que los caudales poseen una tendencia al incremento tanto en el periodo histórico, así como en los dos escenarios. En los escenarios proyectados en el periodo del 2025 al 2100, se obtiene un promedio multianual para el escenario SSP2-4.5 de 20.11 m³/s y en el escenario SSP5-8.5 de 31.99 m³/s.

Figura 69

Caudales medios anuales histórico y proyectado - Escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5



4.2.2 ANÁLISIS DE VARIACIÓN Y RESPUESTA HIDROLÓGICA

4.2.2.1 PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL

Para este análisis, se utilizó la información de precipitación histórica (1981 al 2016) y las proyecciones futuras con los dos escenarios del modelo climático ACCESS-ESM1-5 (2025

al 2100). Para el análisis se determinó el promedio de la precipitación acumulada mensual para las todas las estaciones, obteniendo una serie con datos de precipitación mensual desde 1981 al 2100 promedio para toda la cuenca.

Para realizar el análisis de forma más detallada, se clasificó el periodo futuro en tres, futuro cercano (2025 al 2049), futuro medio (2050 al 2074) y futuro lejano (2075 al 2100), realizando el promedio del periodo de cada clasificación de futuros, esto se aplicó para los dos escenarios (SSP2-4.5 y SSP5-8.5).

PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL EN EL ESCENARIO SSP2-4.5

Los resultados del promedio de la precipitación acumulada mensual para los periodos histórico, futuro cercano, futuro medio y futuro lejano en el escenario SSP2-4.5 se muestran en la **Tabla 83**. Se observa que la precipitación media multianual incrementa de 636.53mm al año en el periodo de referencia, hasta 777.90mm, 873.29mm y 954.21mm, representando una variación porcentual de 22.21%, 37.20% y 49.91% para el futuro cercano, medio y lejano, respectivamente.

Tabla 83

Precipitación acumulada media mensual para el escenario SSP2-4.5

Mes	Precipitación observada (mm)	Precipitación Futuro cercano (mm)	Precipitación Futuro medio (mm)	Precipitación Futuro lejano (mm)
	(1981-2016)	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	152.56	170.12	147.78	166.46
Febrero	156.98	182.90	215.29	226.56
Marzo	125.53	153.69	189.11	220.10
Abril	39.64	55.37	74.25	71.36
Mayo	5.22	7.06	7.64	7.09
Junio	1.85	2.37	1.71	1.69
Julio	3.06	2.32	2.00	1.69
Agosto	4.12	2.79	2.17	3.88
Septiembre	11.42	12.90	13.56	17.90
Octubre	23.57	29.41	36.26	48.14
Noviembre	30.97	54.54	57.76	71.09
Diciembre	81.62	104.42	125.75	118.25
Suma	636.53	777.90	873.29	954.21
Variación		22.21%	37.20%	49.91%

A partir de esta información, se muestra la **Figura 70** y **Figura 71** donde se observa el comportamiento y la variación de precipitación en los meses del año. Se observa en el escenario SSP2-4.5 en los futuros cercano, medio y lejano muestra un incremento precipitación en los periodos de lluvia y presenta una disminución de la precipitación en los periodos de estiaje en el futuro cercano incrementando en el medio y lejano.

Figura 70
Comportamiento de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP2-4.5

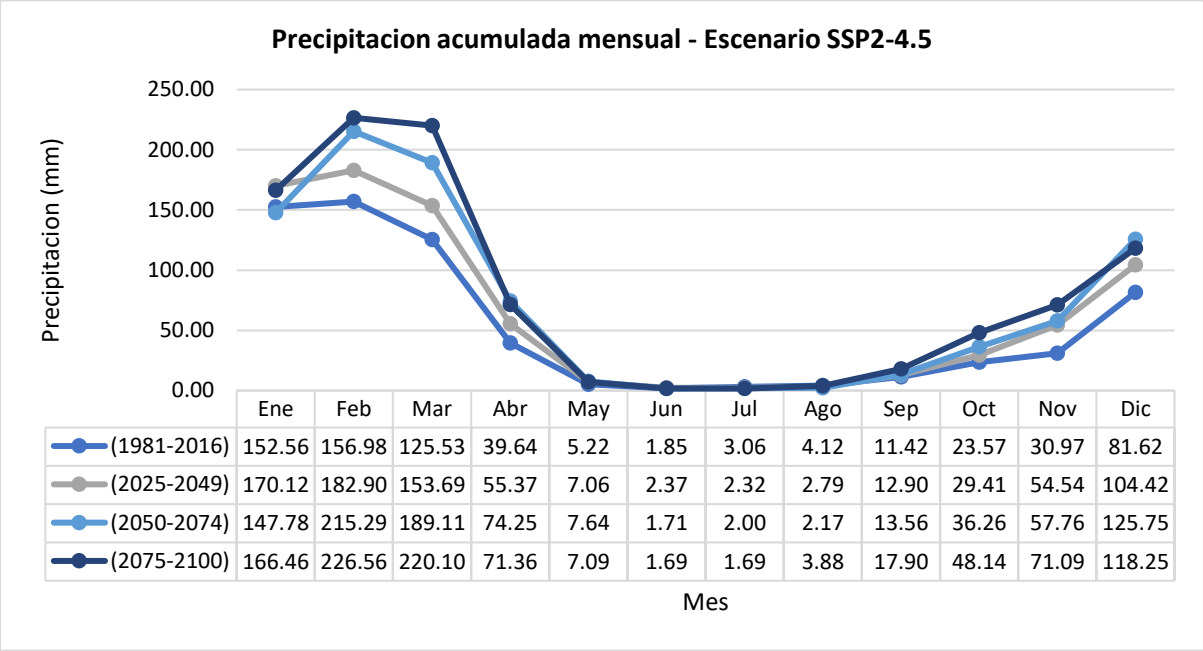
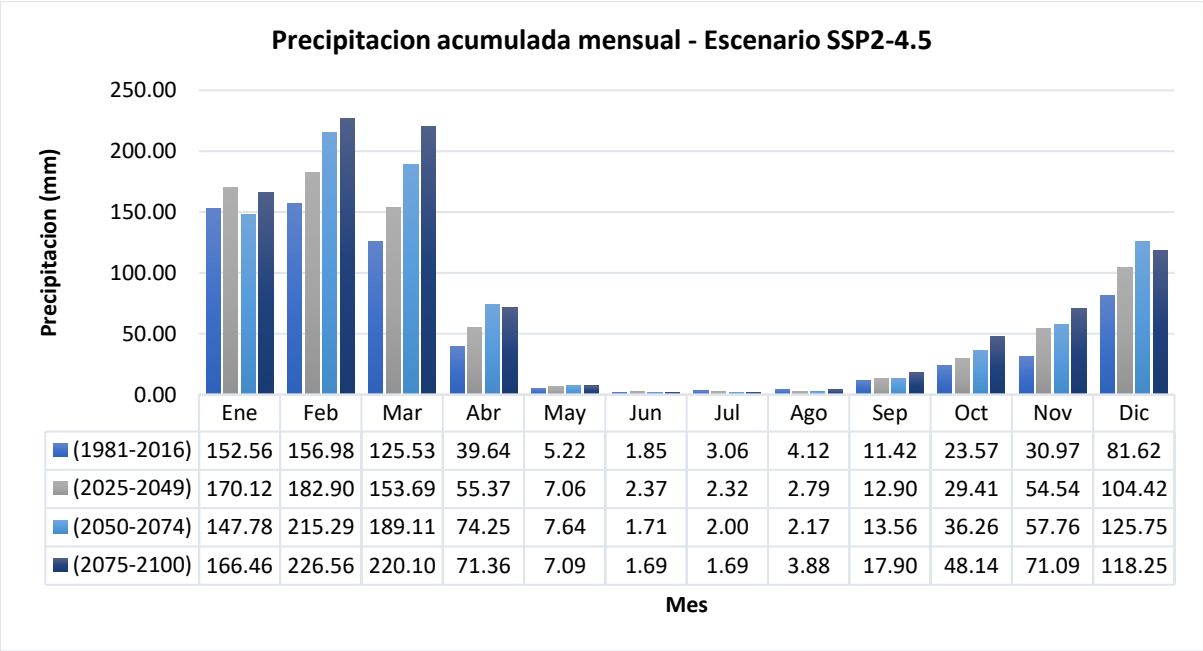


Figura 71
Variación mensual de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP2-4.5



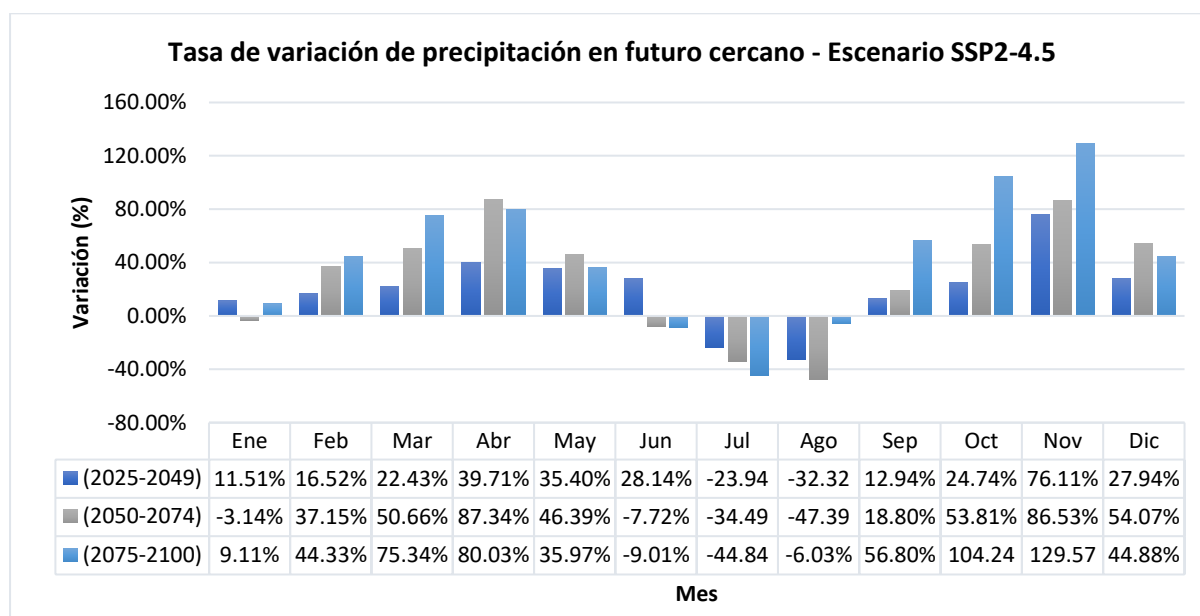
Así mismo, se determinó el porcentaje de variación de la precipitación por cada mes y para la clasificación de los tres futuros, donde se observa el incremento de las tasas de variación respecto al periodo histórico tanto para el periodo de estiaje y para el periodo lluvias (ver **Tabla 84**).

Los porcentajes de variación se visualizan en los diagramas de barras que se muestran en la **Figura 72** para los futuros cercano (2025-2049), medio (2050-2074) y lejano (2075-2100). Se observa que, en el futuro cercano existe un incremento porcentual de la precipitación media mensual multianual en los meses de septiembre a junio con un máximo de 76.11% en el mes de noviembre, en los meses de mayo a agosto los caudales disminuyen con un porcentaje máximo de -32.32% en el mes de agosto. En el futuro medio la precipitación aumenta respecto al periodo de referencia hasta un porcentaje de 87.34% en el mes de abril y disminuye hasta un 47.39% en el mes de agosto. En el futuro lejano, la precipitación presenta un incremento porcentual respecto a los históricos en los meses septiembre a mayo de hasta 129.57% en el mes de noviembre y disminuye en los meses de junio, julio y agosto hasta de un 44.84% en el mes de julio.

Tabla 84

Porcentaje de variación de precipitación mensual – Escenario SSP2-4.5

Mes	Precipitación Futuro cercano	Precipitación Futuro medio	Precipitación Futuro lejano
	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	11.51%	-3.14%	9.11%
Febrero	16.52%	37.15%	44.33%
Marzo	22.43%	50.66%	75.34%
Abril	39.71%	87.34%	80.03%
Mayo	35.40%	46.39%	35.97%
Junio	28.14%	-7.72%	-9.01%
Julio	-23.94%	-34.49%	-44.84%
Agosto	-32.32%	-47.39%	-6.03%
Septiembre	12.94%	18.80%	56.80%
Octubre	24.74%	53.81%	104.24%
Noviembre	76.11%	86.53%	129.57%
Diciembre	27.94%	54.07%	44.88%

Figura 72*Variación porcentual de precipitación mensual – Escenario SSP2-4.5***PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL EN EL ESCENARIO SSP5-8.5**

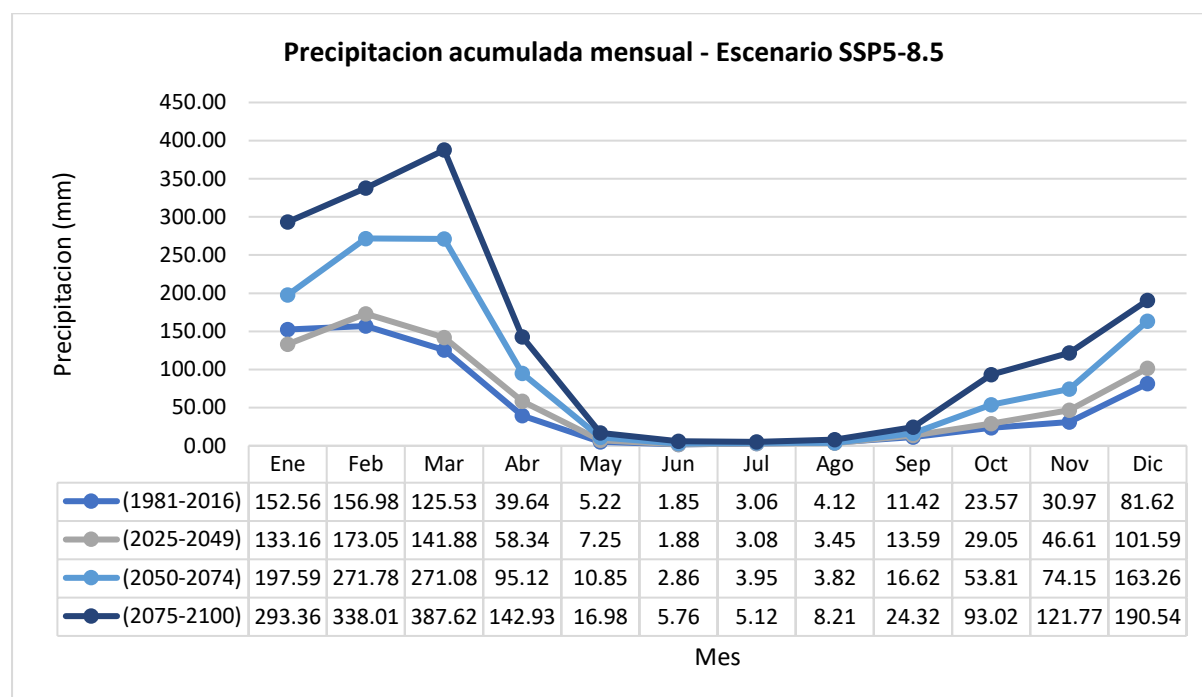
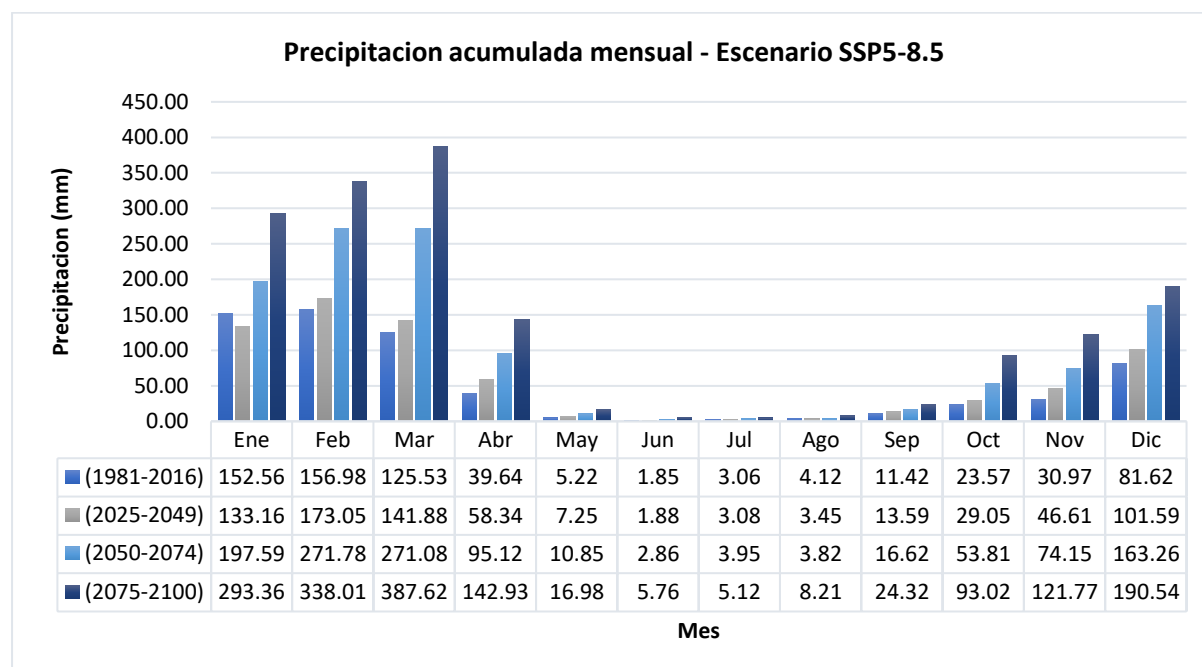
En el escenario SSP5-8.5, los promedios de la precipitación acumulada mensual para todas las estaciones y los meses para los tres periodos futuro de precipitación se muestran en la **Tabla 85**.

En el promedio de todas las estaciones para la cuenca en estudio para el escenario SSP5-8.5, se observa que la precipitación media multianual en el periodo de referencia u observada aumenta de 636.53mm a 712.94mm para el futuro cercano, 1164.88mm para el futuro medio y 1627.64mm para el futuro lejano, estos representan una variación porcentual de 12.00%, 83.01% y 155.71% para los tres periodos de los futuros cercano, medio y lejano, respectivamente. Los valores estimados en el futuro lejano bajo el modelo ACCESS-EMS1-5 son mayores al doble de las precipitaciones del periodo de referencia.

Tabla 85*Precipitación acumulada media mensual para el escenario SSP5-8.5*

Mes	Precipitación observada (mm)	Precipitación Futuro cercano (mm)	Precipitación Futuro medio (mm)	Precipitación Futuro lejano (mm)
	(1981-2016)	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	152.56	133.16	197.59	293.36
Febrero	156.98	173.05	271.78	338.01
Marzo	125.53	141.88	271.08	387.62
Abril	39.64	58.34	95.12	142.93
Mayo	5.22	7.25	10.85	16.98
Junio	1.85	1.88	2.86	5.76
Julio	3.06	3.08	3.95	5.12
Agosto	4.12	3.45	3.82	8.21
Septiembre	11.42	13.59	16.62	24.32
Octubre	23.57	29.05	53.81	93.02
Noviembre	30.97	46.61	74.15	121.77
Diciembre	81.62	101.59	163.26	190.54
Suma	636.53	712.94	1164.88	1627.64
Variación		12.00%	83.01%	155.71%

A partir de esta información, se muestra la **Figura 73** y **Figura 74** donde se observa el comportamiento y la variación de precipitación en los meses del año. Donde se observa que en el escenario SSP5-8.5 en los futuros cercano, medio y lejano muestra un incremento significativo en la precipitación en los periodos de lluvia y presenta un incremento leve de la precipitación en los periodos de estiaje.

Figura 73*Comportamiento de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP5-8.5***Figura 74***Variación mensual de precipitación acumulada mensual - Escenario SSP5-8.5*

También se determinó el porcentaje de variación de la precipitación proyectada respecto a la precipitación histórica por cada mes (ver **Tabla 86**), y los porcentajes de variación se visualizan en los diagramas de barras que se muestran en la **Figura 75** para los futuros cercano, medio y lejano.

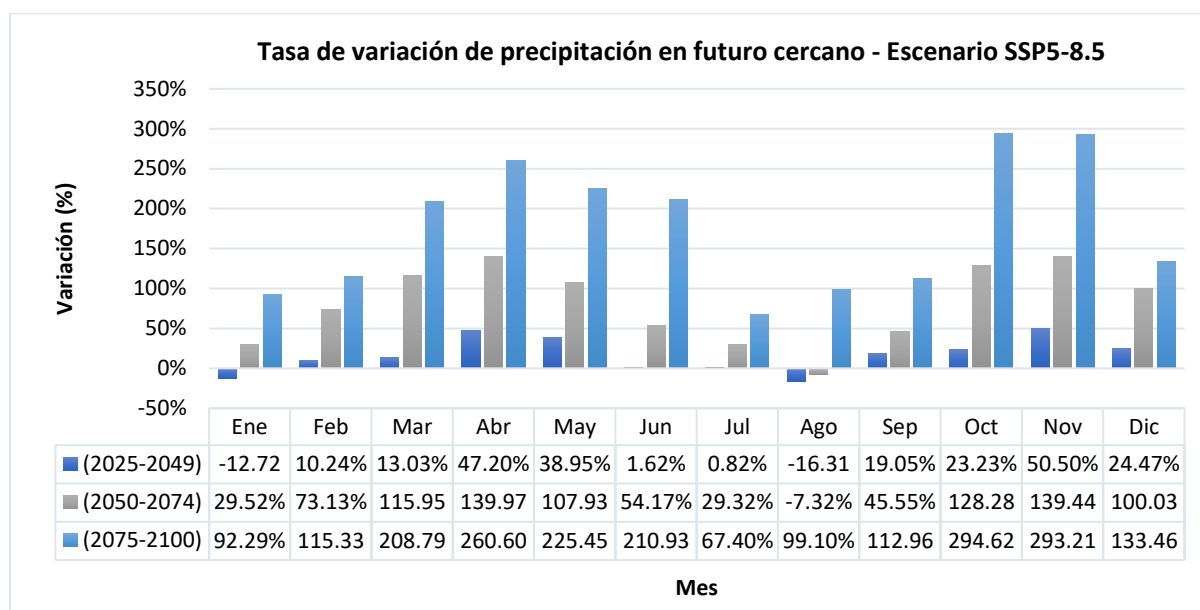
Tabla 86*Porcentaje de variación de precipitación mensual – Escenario SSP5-8.5*

Mes	Precipitación Futuro cercano	Precipitación Futuro medio	Precipitación Futuro lejano
	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	-12.72%	29.52%	92.29%
Febrero	10.24%	73.13%	115.33%
Marzo	13.03%	115.95%	208.79%
Abril	47.20%	139.97%	260.60%
Mayo	38.95%	107.93%	225.45%
Junio	1.62%	54.17%	210.93%
Julio	0.82%	29.32%	67.40%
Agosto	-16.31%	-7.32%	99.10%
Septiembre	19.05%	45.55%	112.96%
Octubre	23.23%	128.28%	294.62%
Noviembre	50.50%	139.44%	293.21%
Diciembre	24.47%	100.03%	133.46%

En la **Tabla 86**, se muestra las variaciones porcentuales de los tres periodos futuros respecto al periodo histórico. En el futuro cercano, la precipitación media mensual multianual en los meses de enero y agosto sufre una disminución de 12.72% y 16.31%, respectivamente, y en los meses restantes, la precipitación aumenta, siendo el pico en el mes de noviembre con un porcentaje de 50.50. En el futuro medio, la precipitación disminuye en el mes de agosto hasta un 7.32% y los demás meses, sufren un incremento de hasta 139.97% en el mes de abril. Finalmente, en el futuro lejano, la precipitación incrementó, en todos los meses hasta un 294.62% en el mes octubre, siendo el periodo lejano el que mayor incremento de precipitación sufre respecto al periodo de referencia.

Figura 75

Variación porcentual de precipitación acumulada mensual – Escenario SSP5-8.5



4.2.2.2 VARIACIÓN PORCENTUAL DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

De similar forma que la precipitación, se utilizó la información histórica (1981 al 2016) de la temperatura máxima y mínima y las proyecciones futuras de estas variables bajos los escenarios del modelo ACCESS-EMS1-5 (2025 al 2100) de todas las estaciones. Para el análisis de tendencias se determinó la temperatura media (promedio de la temperatura máxima y mínima) para todas las series de datos. Una vez obtenida esta información se promedió temperatura media mensual de todas las estaciones de la cuenca, obteniendo una serie con datos de temperatura promedio desde enero de 1981 a diciembre del 2100 para toda la cuenca.

Para realizar el análisis de forma más detallada de la temperatura, se determinó el promedio para el periodo de la clasificación de los tres futuros, futuro cercano (2025 al 2049), futuro medio (2050 al 2074) y futuro lejano (2075 al 2100), considerando también los dos escenarios (SSP2-4.5 y SSP5-8.5).

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN EL ESCENARIO SSP2-4.5

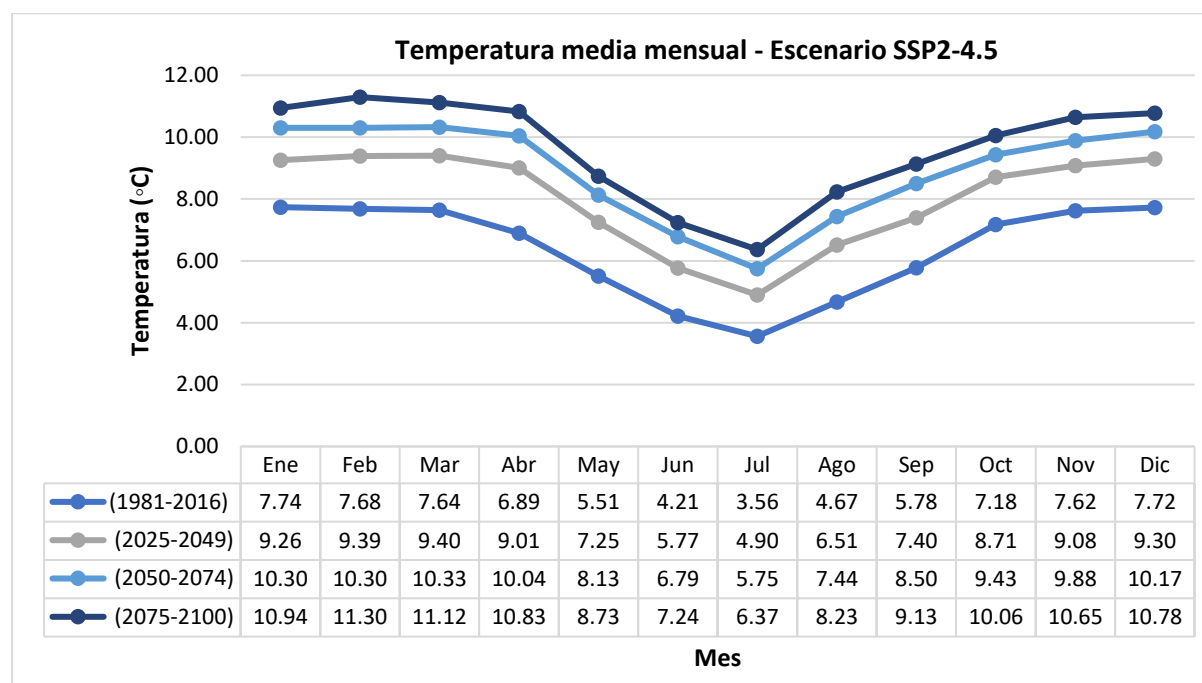
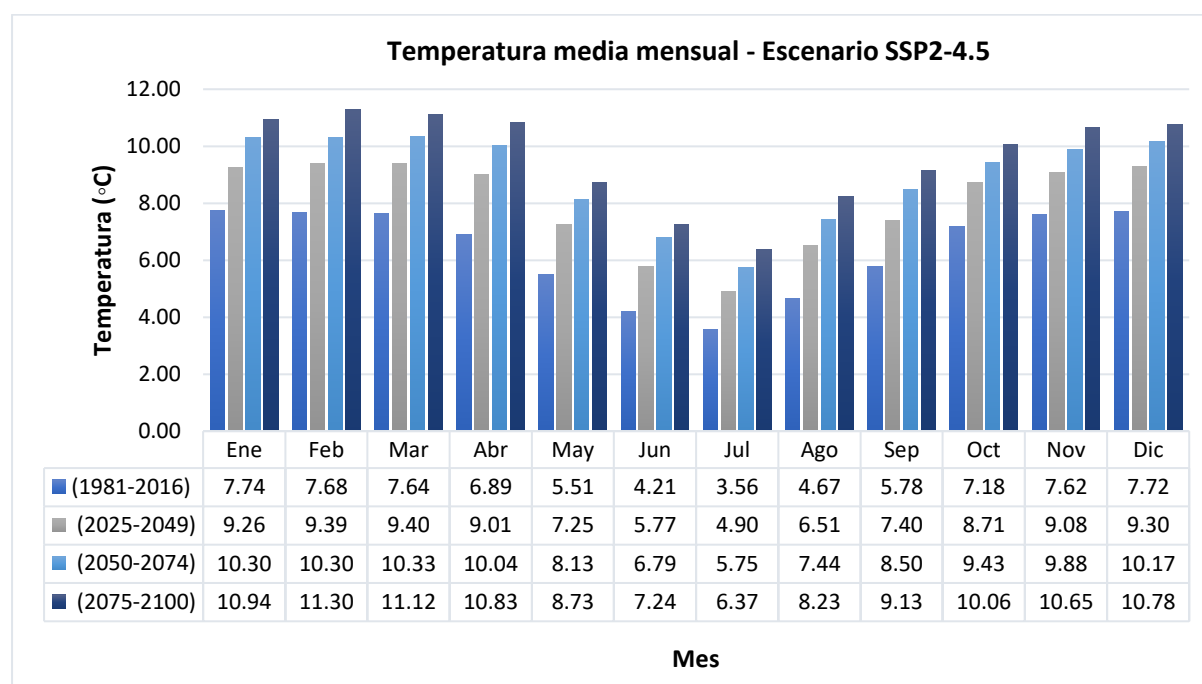
Los resultados del promedio de la temperatura mensual para los periodos histórico, futuro cercano, futuro medio y futuro lejano en el escenario SSP2-4.5 se muestran en la **Tabla 87 y Figura 76**.

Tabla 87*Temperatura media mensual para el escenario SSP2-4.5*

Mes	Temperatura Observada (°C)	Temperatura Futuro Cercano (°C)	Temperatura Futuro Medio (°C)	Temperatura Futuro Lejano (°C)
	(1981-2016)	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	7.74	9.26	10.30	10.94
Febrero	7.68	9.39	10.30	11.30
Marzo	7.64	9.40	10.33	11.12
Abril	6.89	9.01	10.04	10.83
Mayo	5.51	7.25	8.13	8.73
Junio	4.21	5.77	6.79	7.24
Julio	3.56	4.90	5.75	6.37
Agosto	4.67	6.51	7.44	8.23
Septiembre	5.78	7.40	8.50	9.13
Octubre	7.18	8.71	9.43	10.06
Noviembre	7.62	9.08	9.88	10.65
Diciembre	7.72	9.30	10.17	10.78
Promedio	6.35	8.00	8.92	9.61
Variación		1.65	2.57	3.26

En la **Tabla 87**, se muestran los valores de la temperatura media multianual para los meses del año, así como el promedio anual y la variación de los futuros cercano, medio y lejano respecto al periodo histórico (1981 al 2016). La temperatura media multianual histórica varía de 6.35°C a 8.00°C, 8.92°C y 9.61°C, respecto al periodo histórico aumenta en 1.65°C, 2.57°C y 3.26°C para el futuro cercano, medio y lejano.

A partir de esta información, se muestra la **Figura 76** y **Figura 77** donde se observa el comportamiento y la variación de temperatura en los meses del año mediante un gráfico de líneas y un diagrama de barras. Se muestran la variación estacional de la temperatura media mensual multianual, los cuales incrementarán en los tres periodos futuros.

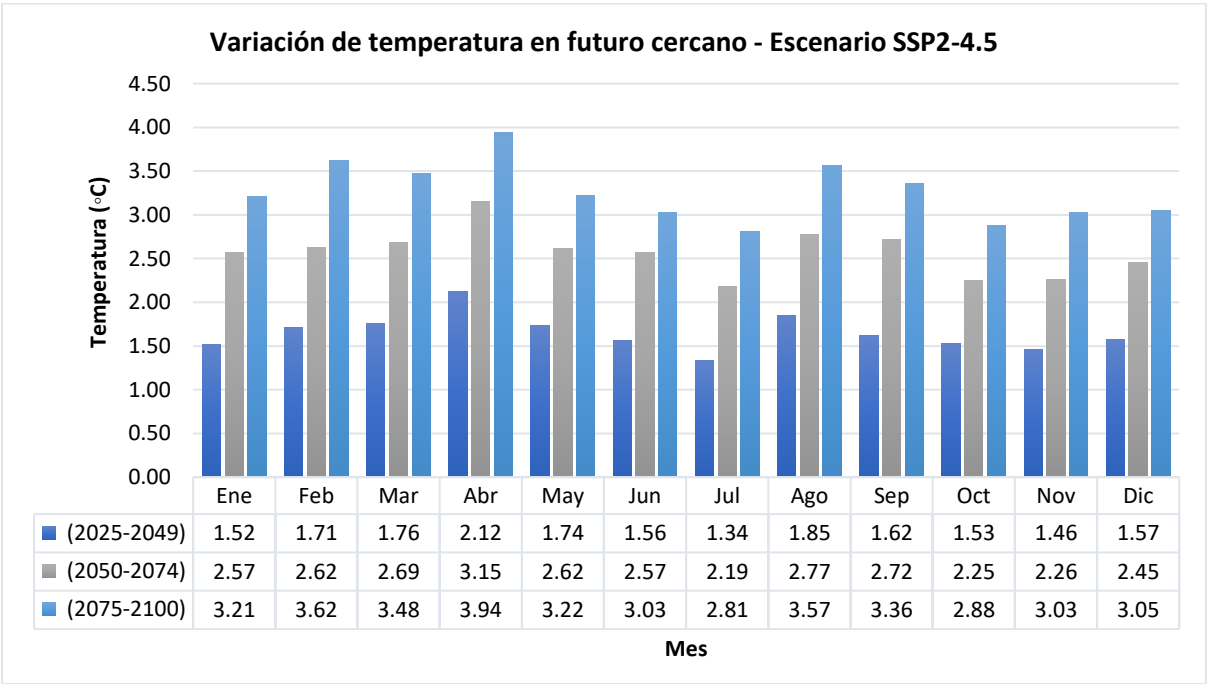
Figura 76*Comportamiento de temperatura media mensual - Escenario SSP2-4.5***Figura 77***Variación mensual de temperatura media mensual - Escenario SSP2-4.5*

Se determinó la variación de la temperatura por cada mes en sus unidades originales, que se muestra en la **Tabla 88** y se visualizan en un diagrama de barras en la **Figura 78** para los futuros cercano, medio y lejano.

Tabla 88
Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP2-4.5

Mes	Temperatura Futuro Cercano	Temperatura Futuro Medio	Temperatura Futuro Lejano
	(°C)	(°C)	(°C)
	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	1.52	2.57	3.21
Febrero	1.71	2.62	3.62
Marzo	1.76	2.69	3.48
Abril	2.12	3.15	3.94
Mayo	1.74	2.62	3.22
Junio	1.56	2.57	3.03
Julio	1.34	2.19	2.81
Agosto	1.85	2.77	3.57
Septiembre	1.62	2.72	3.36
Octubre	1.53	2.25	2.88
Noviembre	1.46	2.26	3.03
Diciembre	1.57	2.45	3.05

Figura 78
Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP2-4.5



En la **Tabla 88** y diagrama de barras de la **Figura 78**, las proyecciones futuras muestran un incremento porcentual de la temperatura proyectada respecto a la temperatura del periodo histórico, mostrando una mayor variación en el mes de abril para los tres casos, donde se observa que la temperatura media mensual multianual incrementa respecto al periodo histórico en 2.12°C, 3.15°C y 3.94°C para el futuro cercano, medio y lejano.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN EL ESCENARIO SSP5-8.5

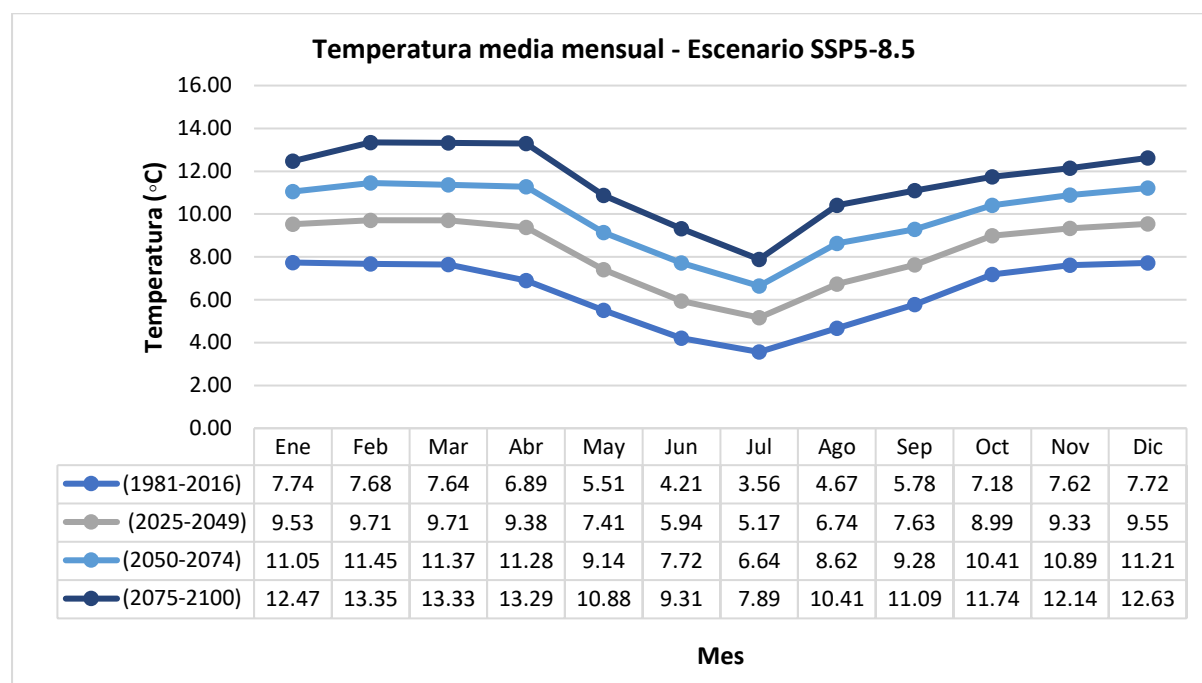
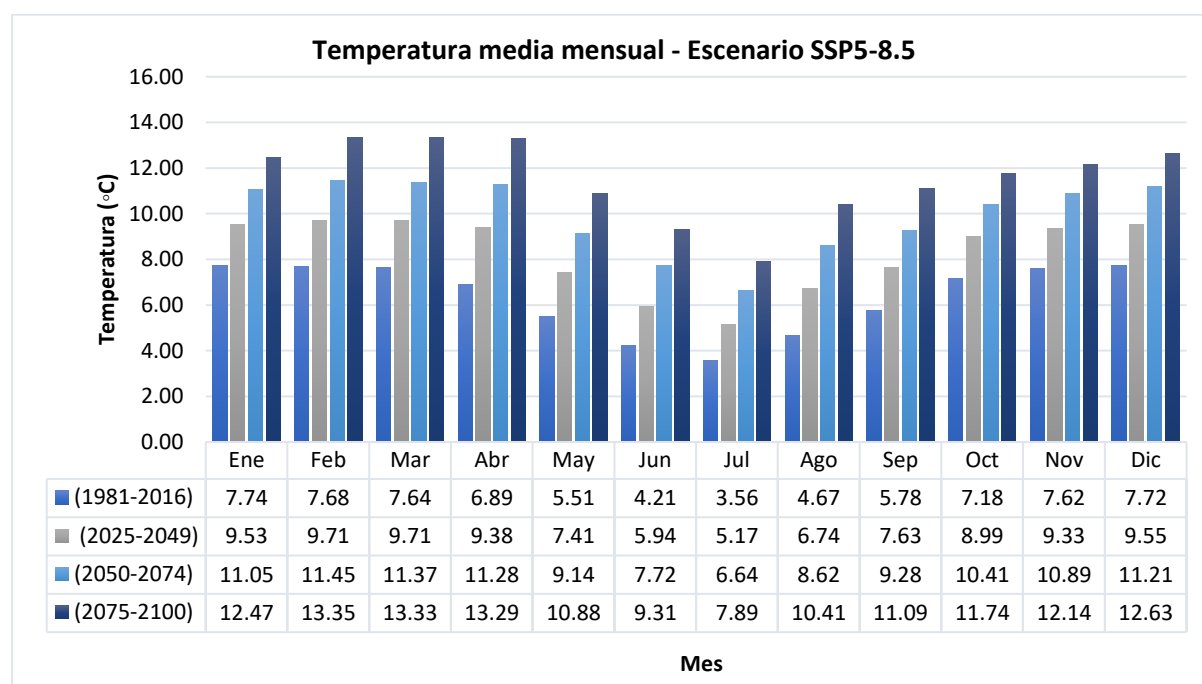
Los resultados del promedio de la temperatura mensual para el escenario SSP5-8.5 se muestran en la **Tabla 89** y en la **Figura 79**, donde se observa que existe un incremento en la temperatura media mensual en los tres diferentes periodos futuros de análisis.

Tabla 89

Temperatura media mensual para el escenario SSP5-8.5

Mes	Temperatura Observada (°C)	Temperatura Futuro Cercano (°C)	Temperatura Futuro Medio (°C)	Temperatura Futuro Lejano (°C)
	(1981-2016)	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	7.74	9.53	11.05	12.47
Febrero	7.68	9.71	11.45	13.35
Marzo	7.64	9.71	11.37	13.33
Abril	6.89	9.38	11.28	13.29
Mayo	5.51	7.41	9.14	10.88
Junio	4.21	5.94	7.72	9.31
Julio	3.56	5.17	6.64	7.89
Agosto	4.67	6.74	8.62	10.41
Septiembre	5.78	7.63	9.28	11.09
Octubre	7.18	8.99	10.41	11.74
Noviembre	7.62	9.33	10.89	12.14
Diciembre	7.72	9.55	11.21	12.63
Promedio	6.35	8.26	9.92	11.54
Variación		1.91	3.57	5.19

En la **Tabla 89** se muestra el promedio de todos los meses para los tres periodos futuros y su variación respecto al periodo histórico, donde se observa que, en la temperatura media multianual del periodo de referencia incrementa de 6.35°C a 8.26°C, 9.92°C, 11.54°C para los futuros cercano, medio y lejano, donde la temperatura incrementa en 1.91°C, 3.57°C y 5.19°C respecto al periodo histórico u observado.

Figura 79*Comportamiento de temperatura media mensual - Escenario SSP5-8.5***Figura 80***Variación mensual de temperatura media mensual - Escenario SSP5-8.5*

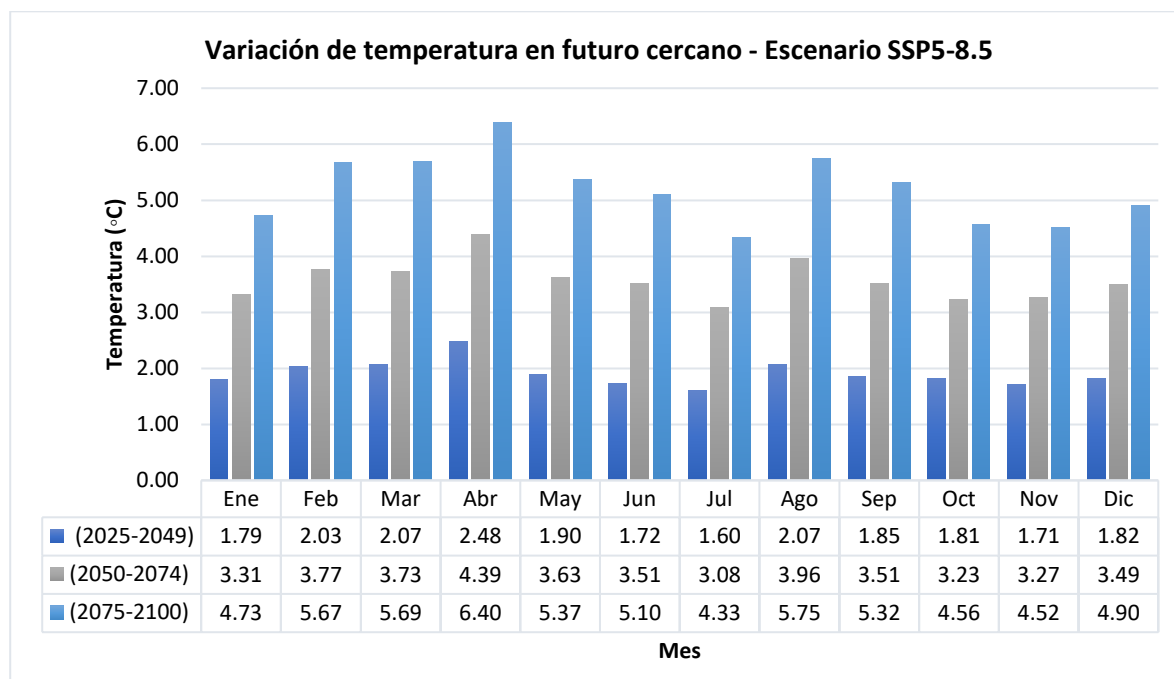
En la **Tabla 90** se muestran los porcentajes de variación de la temperatura media mensual en los diferentes periodos de análisis y en la **Figura 81** se muestra el diagrama de barras para las proyecciones de los futuro cercano, medio y lejano respectivamente.

Las proyecciones futuras de la temperatura media mensual multianual en el escenario SSP5-8.5, muestran un incremento en los tres casos, teniendo mayores incrementos en el mes de febrero en el futuro lejano. En el futuro cercano se observa que en el mes de abril ocurre la mayor variación hasta 2.48°C, en el futuro medio se muestra una variación de hasta 4.39°C. En el futuro lejano existe una variación significativa respecto a los valores del periodo histórico, teniendo el pico en el mes de abril con un aumento de hasta 6.40°C.

Tabla 90

Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP5-8.5

Mes	Temperatura Futuro Cercano (°C)	Temperatura Futuro Medio (°C)	Temperatura Futuro Lejano (°C)
	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	1.79	3.31	4.73
Febrero	2.03	3.77	5.67
Marzo	2.07	3.73	5.69
Abril	2.48	4.39	6.40
Mayo	1.90	3.63	5.37
Junio	1.72	3.51	5.10
Julio	1.60	3.08	4.33
Agosto	2.07	3.96	5.75
Septiembre	1.85	3.51	5.32
Octubre	1.81	3.23	4.56
Noviembre	1.71	3.27	4.52
Diciembre	1.82	3.49	4.90

Figura 81*Variación de temperatura media mensual – Escenario SSP5-8.5*

4.2.2.3 VARIACIÓN PORCENTUAL DE CAUDAL MEDIO MENSUAL

En el análisis de variación porcentual para los caudales, se procedió de forma similar a las variables anteriores, se utilizó el promedio de los caudales medios mensuales del periodo histórico u observado (1981 al 2016) y de las proyecciones futuras (2025 al 2100) en base al modelamiento SWAT bajo los resultados de los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 del modelo ACCESS-ESM1-5 para las variables de precipitación y temperatura. Se determinó el promedio de los años para el periodo histórico y los tres futuros, futuro cercano (2017 al 2049), futuro medio (2050 al 2074) y futuro lejano (2075 al 2100).

CAUDAL MEDIO MENSUAL EN EL ESCENARIO SSP2-4.5

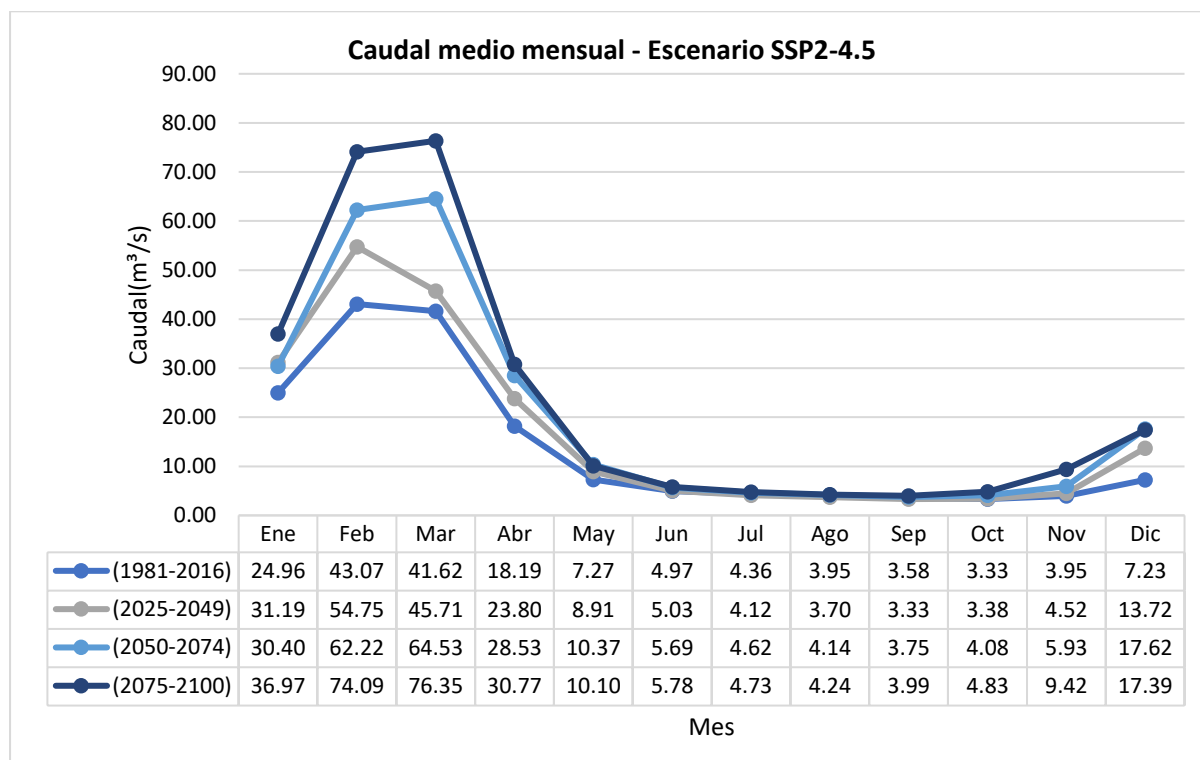
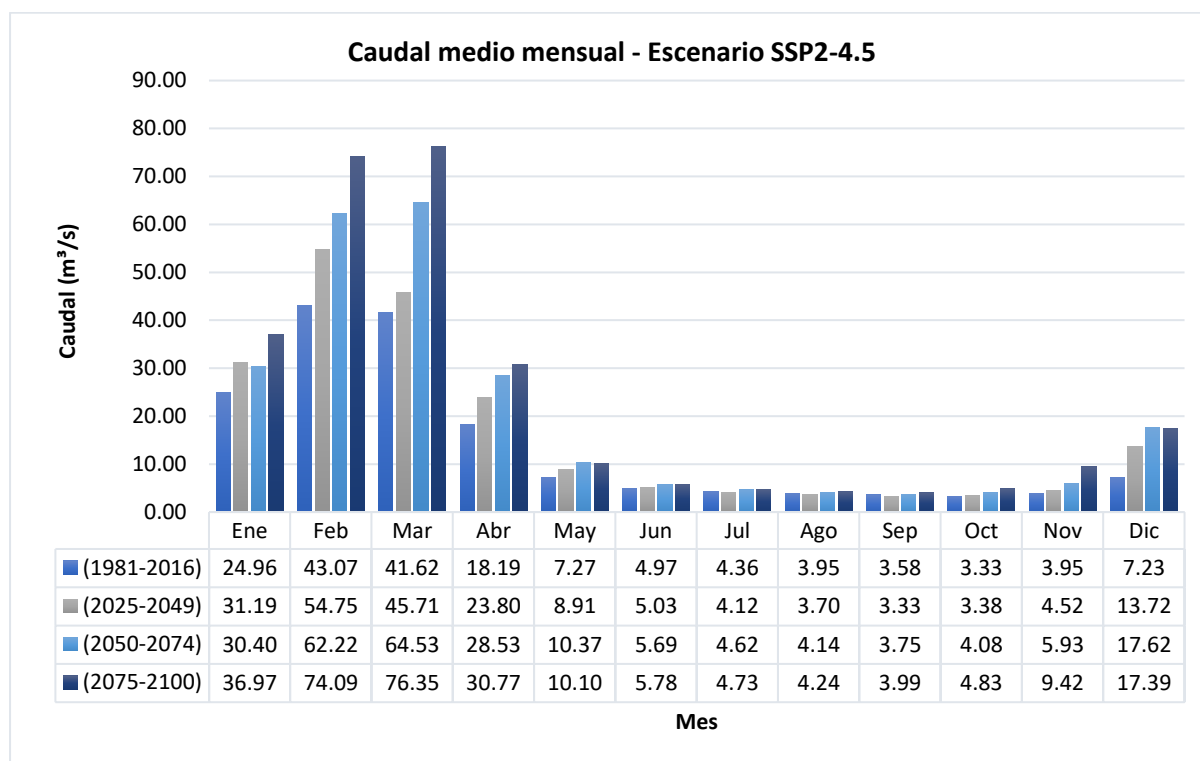
En el escenario SSP2-4.5, los promedios del caudal medio mensual multianual para todas las estaciones en los tres periodos futuros se muestran en la **Tabla 91**, donde los meses de enero a octubre en los futuros cercano, medio y lejano, se muestra un incremento de caudales respecto al periodo histórico, sin embargo, en los meses de noviembre y diciembre los caudales son menores al periodo histórico exceptuando diciembre en el futuro lejano.

En el promedio anual para los tres periodos futuros y su variación respecto al periodo histórico, donde el caudal medio multianual incrementa de 13.87 m³/s a 16.85 m³/s, 20.16 m³/s y 23.22 m³/s en los tres periodos futuros, con una variación porcentual de 21.42%, 45.31% y 67.38% para los futuros cercano, medio y lejano con respecto al periodo histórico.

Tabla 91*Caudal medio mensual para el escenario SSP2-4.5*

Mes	Caudales observados (m³/s)	Caudales Futuro cercano (m³/s)	Caudales Futuro medio (m³/s)	Caudales Futuro lejano (m³/s)
	(1981-2016)	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	24.96	31.19	30.40	36.97
Febrero	43.07	54.75	62.22	74.09
Marzo	41.62	45.71	64.53	76.35
Abril	18.19	23.80	28.53	30.77
Mayo	7.27	8.91	10.37	10.10
Junio	4.97	5.03	5.69	5.78
Julio	4.36	4.12	4.62	4.73
Agosto	3.95	3.70	4.14	4.24
Septiembre	3.58	3.33	3.75	3.99
Octubre	3.33	3.38	4.08	4.83
Noviembre	3.95	4.52	5.93	9.42
Diciembre	7.23	13.72	17.62	17.39
Promedio	13.87	16.85	20.16	23.22
Variación		21.42%	45.31%	67.38%

En base a esta tabla se realizó un gráfico comparativo de los caudales para los meses del año para los tres periodos futuros, se visualiza en la **Figura 82** y **Figura 83**.

Figura 82*Comportamiento del caudal medio mensual - Escenario SSP2-4.5***Figura 83***Variación del caudal medio mensual - Escenario SSP2-4.5*

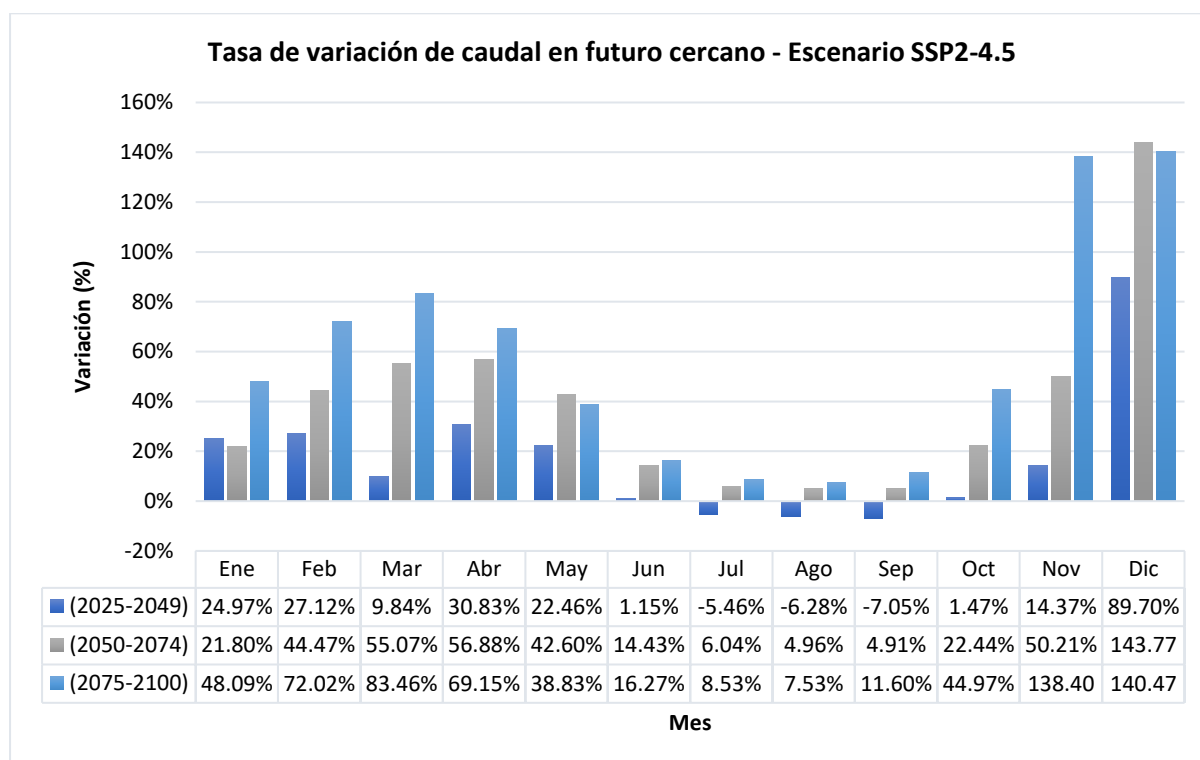
Se determinó el porcentaje de variación de los caudales futuros respecto a los caudales históricos por cada mes que se muestran en la **Tabla 92** y el diagrama de barras en la **Figura 84**.

Los caudales medios mensuales multianuales, en el futuro cercano se observa una disminución porcentual respecto al periodo histórico en los meses de julio, agosto y septiembre de 5.46%, 6.28% y 7.05%, respectivamente, también se observa un incremento en los meses restantes con un pico en el mes de diciembre de 89.70%. En el futuro medio se observa que durante los meses de octubre a mayo poseen una mayor variación porcentual de los caudales con un pico en el mes de diciembre de 143.77% de variación, obteniéndose este valor de una variación de 7.23 m³/s hasta 17.62 m³/s. El futuro lejano muestra un aumento porcentual durante los meses de octubre a mayo, teniendo una mayor variación los meses de noviembre y diciembre, con valores de 138.40% y 140.47% de variación, obteniéndose este valor del incremento de 7.23 m³/s hasta 9.42% y 17.39 m³/s.

Tabla 92

Porcentaje de variación de caudal mensual – Escenario SSP2-4.5

Mes	Caudales Futuro cercano	Caudales Futuro medio	Caudales Futuro lejano
	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	24.97%	21.80%	48.09%
Febrero	27.12%	44.47%	72.02%
Marzo	9.84%	55.07%	83.46%
Abril	30.83%	56.88%	69.15%
Mayo	22.46%	42.60%	38.83%
Junio	1.15%	14.43%	16.27%
Julio	-5.46%	6.04%	8.53%
Agosto	-6.28%	4.96%	7.53%
Septiembre	-7.05%	4.91%	11.60%
Octubre	1.47%	22.44%	44.97%
Noviembre	14.37%	50.21%	138.40%
Diciembre	89.70%	143.77%	140.47%

Figura 84*Variación porcentual de caudales medios mensual – Escenario SSP2-4.5***CAUDAL MEDIO MENSUAL EN EL ESCENARIO SSP5-8.5**

En el escenario SSP5-8.5, los promedios del caudal medio mensual para todas las estaciones en los tres periodos futuros se muestran en la **Tabla 93**, y los gráficos en la **Figura 85** y **Figura 86** del comportamiento y la variación de los caudales. Se obtiene que, en los futuros medio y lejano, los valores de caudales son superiores a los del periodo histórico, pero, en el futuro cercano, se muestra caudales menores al periodo histórico en los meses de enero, marzo, junio y de julio a octubre. También se obtiene el promedio anual para los tres periodos futuros y su variación respecto al periodo histórico, donde el caudal medio multianual incrementa de 13.87 m³/s en el periodo histórico a 14.34 m³/s, 31.31 m³/s y 49.77 m³/s para los futuros cercano, medio y lejano, respectivamente, así mismo, se observa la variación porcentual de 3.33%, 125.68% y 258.75% para los futuros cercano, medio y lejano respecto al periodo histórico.

Tabla 93*Caudal medio mensual para el escenario SSP5-8.5*

Mes	Caudales observados (m ³ /s)	Caudales Futuro cercano (m ³ /s)	Caudales Futuro medio (m ³ /s)	Caudales Futuro lejano (m ³ /s)
	(1981-2016)	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	24.96	22.99	53.89	97.17
Febrero	43.07	45.64	94.36	132.05
Marzo	41.62	40.75	100.75	158.77
Abril	18.19	21.86	40.02	62.40
Mayo	7.27	8.21	12.56	18.22
Junio	4.97	4.58	7.14	9.75
Julio	4.36	3.64	5.80	7.40
Agosto	3.95	3.26	5.21	6.64
Septiembre	3.58	3.02	4.80	6.48
Octubre	3.33	3.10	6.78	17.88
Noviembre	3.95	4.39	11.77	31.97
Diciembre	7.23	10.60	32.62	48.51
Promedio	13.87	14.34	31.31	49.77
Variación		3.33%	125.68%	258.75%

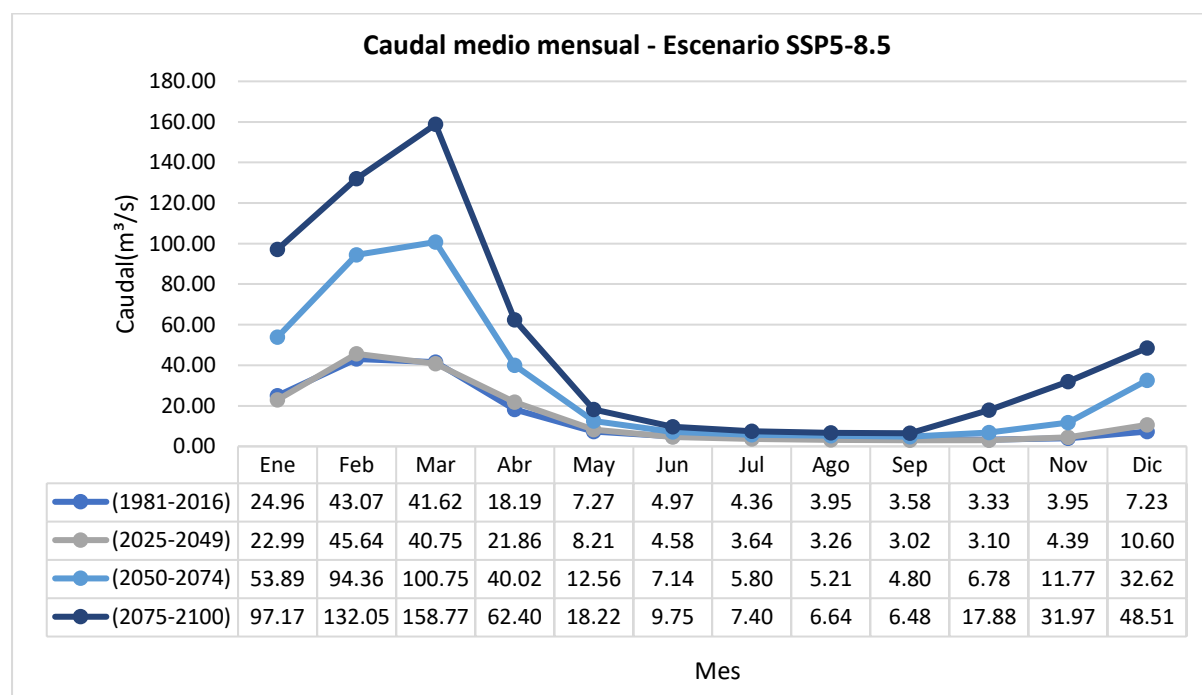
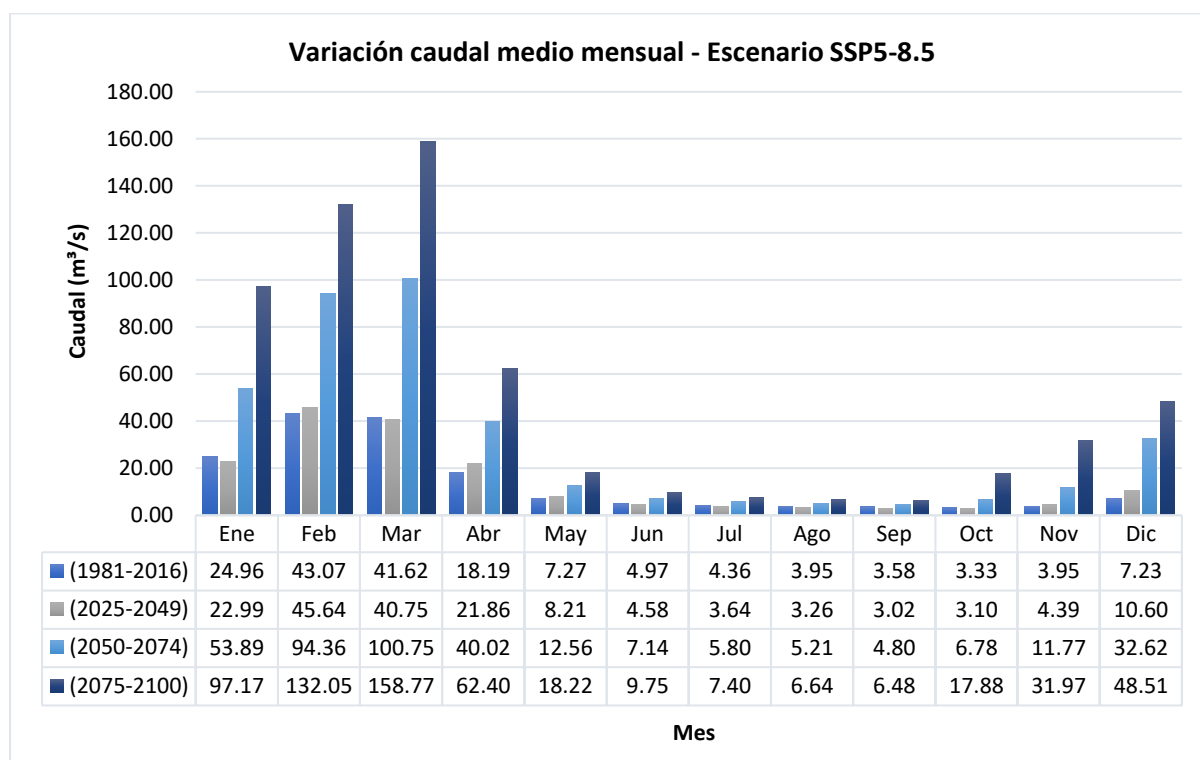
Figura 85*Comportamiento del caudal medio mensual - Escenario SSP5-8.5*

Figura 86*Variación del caudal medio mensual - Escenario SSP5-8.5*

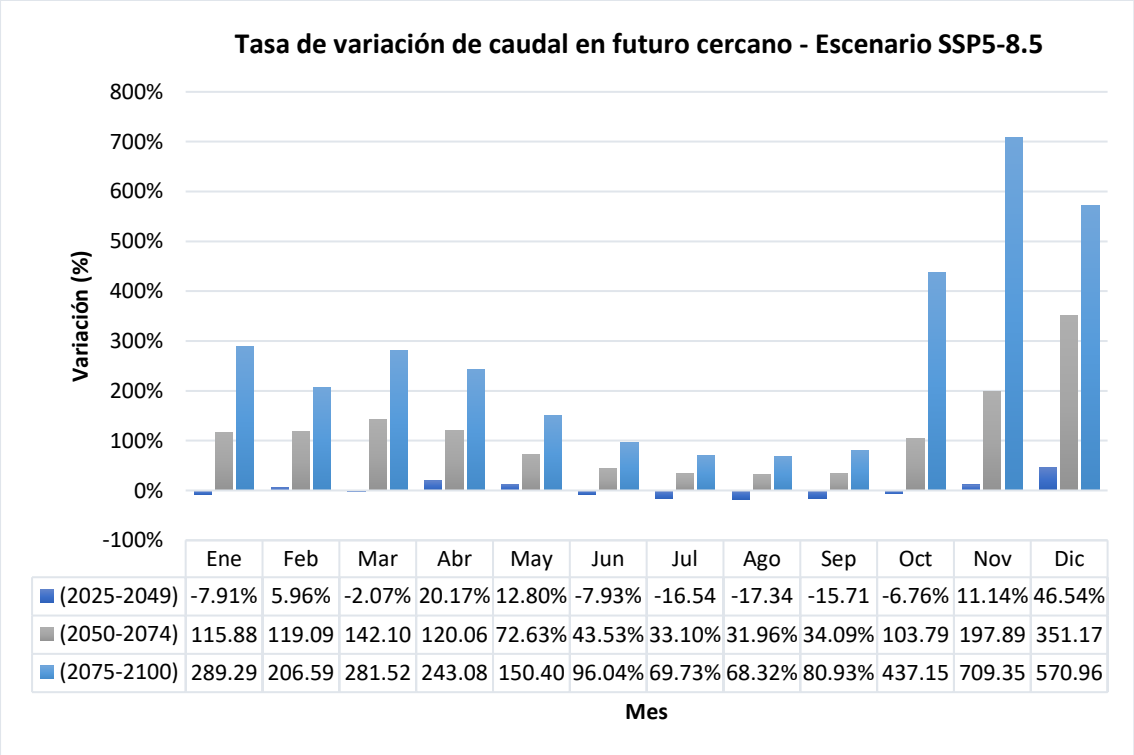
A partir de esta información se determinó los porcentajes de variación del promedio de los caudales en los tres casos futuros, estos se muestran en la **Tabla 94**, y el diagrama de barras en la **Figura 87**.

Para el análisis de los caudales medios mensuales multianuales, en el análisis del futuro cercano, durante los meses de enero, marzo, junio y de julio a octubre se muestra una disminución de los caudales respecto a los caudales históricos, con un porcentaje de variación de hasta 17.34 en el mes de julio, durante el resto de los meses, se observa un incremento de hasta 46.54%, siendo el mes de diciembre. En el futuro medio, se observa que los caudales incrementan durante todos los meses, siendo los meses de octubre a abril, los caudales sufren un incremento significativo, obteniéndose valores de hasta 351.17% en el mes de diciembre, este valor es resultado de la variación del caudal de 7.23 m³/s a 32.62 m³/s. En el futuro lejano se observa que en todos los meses existe un incremento porcentual con un pico en los meses de noviembre y diciembre de hasta 709.35% y 570.96%, este valor es producto del incremento del caudal histórico del mes de noviembre de 3.95 m³/s y el proyectado 31.97 m³/s y del mes de diciembre de 7.23 m³/s a 48.51 m³/s. Los valores obtenidos en los casos de futuro medio y lejano se observa un incremento significativo superiores al doble del valor de los caudales históricos, en los meses de octubre a abril para el futuro medio, y durante los meses de octubre a mayo, para el futuro lejano.

Tabla 94
Porcentaje de variación de caudal mensual – Escenario SSP8-8.5

Mes	Caudales Futuro cercano	Caudales Futuro medio	Caudales Futuro lejano
	(2025-2049)	(2050-2074)	(2075-2100)
Enero	-7.91%	115.88%	289.29%
Febrero	5.96%	119.09%	206.59%
Marzo	-2.07%	142.10%	281.52%
Abril	20.17%	120.06%	243.08%
Mayo	12.80%	72.63%	150.40%
Junio	-7.93%	43.53%	96.04%
Julio	-16.54%	33.10%	69.73%
Agosto	-17.34%	31.96%	68.32%
Septiembre	-15.71%	34.09%	80.93%
Octubre	-6.76%	103.79%	437.15%
Noviembre	11.14%	197.89%	709.35%
Diciembre	46.54%	351.17%	570.96%

Figura 87
Variación porcentual de caudales medios mensual – Escenario SSP5-8.5



CAPITULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten evaluar la influencia del cambio climático en la cuenca alta del río Apurímac hasta la Estación La Angostura bajo la representación del modelo ACCESS-ESM1-5. En el escenario SSP2-4.5, los caudales medios multianuales aumentan respecto al periodo de referencia (1981-2016) en 21.42%, 45.31% y 67.38% para el futuro cercano (2025 al 2049), futuro medio (2050 al 2074) y futuro lejano (2075 al 2100), respectivamente, y en el análisis de los caudales medios mensuales multianuales, los caudales sufren un incremento mayor en el futuro medio para el mes de diciembre, obtenido de la variación del caudal de 7.23 m³/s a 14.62 m³/s, y disminuye hasta un -7.05% en el mes de septiembre para el futuro cercano. En el escenario SSP5-8.5, los caudales del periodo histórico incrementan en 3.33%, 125.68% y 258.75% en los futuros cercano, medio y lejano, respectivamente, y en los caudales medios mensuales multianual la variación mensual del periodo de referencia aumenta mayormente en los meses de noviembre y diciembre del futuro lejano, siendo estos valores obtenidos de la variación de 7.23 m³/s a 31.97 m³/s en el mes de noviembre y de 7.23 m³/s a 48.51 m³/s en el mes de diciembre, y disminuye hasta un -17.34% en el mes de agosto para el futuro cercano. Los resultados obtenidos indica el patrón de cambios estacionales descrito por el autor Bates et al. (2008), quien señala que en ciertas zonas donde proyección de escorrentía aumenta, también se espera efectos estacionales distintos en el año, como aumento de escorrentía en la temporada de lluvias y disminución de escorrentía en la temporada seca. Los valores obtenidos, guardan relación con la variación e incremento de la precipitación en la temporada de lluvias. Estos resultados son corroborados en el Perú por los autores Ccopa & Camino (2025), quienes concluyen en sus resultados que los caudales en la cuenca del río Mapacho, los caudales incrementaran 4.2% (SSP2-4.5) y 14.5% (SSP5-8.5) para finales del siglo, así mismo, en los meses de julio a octubre se reduce en -19.6% hasta un -20.3% para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5, y en los meses de noviembre a abril, incrementa en 19.2%(SSP2-4.5) y 43.9%(SSP5-8.5). En este sentido, podemos ver que los caudales de la temporada húmeda incrementan en el tiempo, y respecto a los caudales bajan en los periodos de estiaje para el futuro cercano, sin embargo, se produce un incremento leve en los futuros medio y lejano.

En esta investigación para determinar el nivel de confiabilidad de los caudales generados por el modelo hidrológico SWAT respecto a la información hidrométrica observada en la estación La Angostura, el modelo SWAT fue calibrado y validado, para los periodos de 1983 al 2005 y 2006 al 2016, respectivamente, para la calibración se obtuvo resultados del coeficiente de determinación (R^2) de 0.86, un coeficiente de Nash (NSE) de 0.78 y un PBIAS

de -17.58%, y respecto al periodo de validación se obtuvo resultados del coeficiente R^2 de 0.87, NSE de 0.75 y un PBIAS de 24.84%, valores obtenidos a partir de la comparación de los caudales simulados con los observados en la estación hidrométrica. Los criterios estadísticos calculados indican que el modelo hidrológico SWAT simula de manera satisfactoria los caudales de la cuenca, y por consiguiente los componentes del ciclo hidrológico, lo que permite la simulación de caudales medios bajo el efecto del cambio climático. Estos coeficientes fueron corroborados por el autor Moriasi et al. (2015), quien indica que para la variable hidrológica de caudales a escala mensual, los valores de R^2 superiores a 0.85, tiene un desempeño “muy bueno”, para NSE entre 0.70 y 0.80 tiene un desempeño “bueno”, y para valores de PBIAS, si bien el valor del PBIAS subestima los caudales en el periodo de calibración y los sobreestima en el periodo de validación en este estudio, entre $\pm 15\%$ y $\pm 20\%$, tiene un desempeño “satisfactorio”, también Colín et al. (2024) refiere el PBIAS de -17.03% en su modelamiento hidrológico con SWAT. Analizando nuestros resultados los coeficientes de R^2 y NSE de la simulación, indican un desempeño muy bueno y bueno del modelo, sin embargo, el PBIAS, indica una subestimación y sobreestimación en los caudales, sin embargo, dado los criterios, es considerado como satisfactorio e indica que nuestro modelo hidrológico posee un comportamiento bueno para la simulación de caudales.

Para seleccionar el modelo climático más representativo del clima de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura se simuló los caudales mensuales con la información climática de los modelos de circulación general, se seleccionó el modelo con mejor rendimiento determinando los valores estadísticos de r , PBIAS, RMSE. El modelo seleccionado, una vez simulados y analizados los caudales mensuales, es el modelo ACCESS-ESM1-5, determinando el coeficiente de correlación (R) de 0.67, el PBIAS de 11.27, y respecto al RMSE se obtuvo 15.19. El ACCESS-ESM1-5 muestra mejor comportamiento respecto a los modelos de circulación general, analizando la precipitación donde se obtuvo diferentes modelos, y las variables de temperatura que no poseen variaciones significativas una vez realizado el diagrama de Taylor, al realizar la simulación de caudales, este modelo posee un comportamiento mejor respecto a los demás modelos. Este resultado es corroborado por Polanco (2024) quien concluye que los modelos ACCESS-ESM1-5, EC-Earth3 y UKESM1-0LL representan mejor la variabilidad climática de precipitación, temperatura máxima y mínima para la región de Arequipa. Analizando nuestros resultados podemos indicar que el modelo ACCESS-ESM1-5 posee un mejor desempeño para un análisis específico de estaciones destinado a la evaluación de la cuenca en estudio, mostrando mayores valores estadísticos de desempeño en los análisis realizados.

Con el objetivo de evaluar el grado de influencia del cambio climático en la temperatura

y precipitación de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, se observa que la temperatura media multianual incrementa respecto al periodo histórico, en el escenario SSP2-4.5, en 1.65°C, 12.57°C, 3.26°C y en 1.91°C, 3.57°C, 5.19°C en el escenario SSP5-8.5, para el futuro cercano, medio y lejano, respectivamente. Para el análisis de temperatura media mensual multianual, la temperatura incrementa hasta en 3.94°C (SSP2-4.5) y 6.40°C (SSP5-8.5) en el mes de abril para el futuro lejano. En el análisis de la precipitación media multianual, se observa que aumenta respecto al periodo histórico en 22.21%, 37.20% y 49.91% para el escenario SSP2-4.5 y en 12.00%, 83.01% y 155.71% en el escenario SSP5-8.5, en el futuro cercano, medio y lejano, respectivamente. Para el análisis de la precipitación media mensual multianual, en el escenario SSP2-4.5, incrementa hasta en 129.57% en el mes de noviembre para el futuro lejano, y disminuye hasta en -47.39% en el mes de agosto para el futuro medio. En el escenario SSP5-8.5, se muestra que la precipitación incrementa hasta un 294.62% en el mes de octubre para el futuro lejano, obteniéndose este valor del incremento de 30.97mm a 93.02mm, y disminuye hasta un -16.31% para el mes de agosto en el futuro cercano. Esto indica que las variables climáticas de precipitación y temperatura presentan una tendencia de incremento, siendo más significativos estos incrementos en la temporada de lluvias, coincidiendo con la información del informe global del IPCC (2023). Estos resultados son corroborados por el Gobierno Regional de Arequipa (2021), quienes indican el aumento de la precipitación y temperatura, principalmente en la temporada de lluvias para la región de Arequipa. En tal sentido, se puede decir las variables climáticas sufrirán un incremento produciendo variaciones de los componentes del ciclo hidrológico.

CONCLUSIONES

1. El análisis del cambio climático en la cuenca muestra que los caudales medios anuales presentan una tendencia creciente bajo los dos escenarios evaluados. En el escenario SSP2-4.5, los caudales alcanzan aumentos de 21.42%, 45.31% y 67.38% para el futuro cercano, medio y lejano, respectivamente. En el escenario más crítico, SSP5-8.5, el cambio de los caudales varía en los futuros cercano, medio y lejano en 3.33%, 125.68% y 258.75%, respectivamente. Los resultados muestran una intensificación del régimen hidrológico, con mayor disponibilidad hídrica, pero con un aumento en la variabilidad estacional a finales del siglo.
2. La calibración y validación del modelo hidrológico SWAT para el periodo histórico de 1981 al 2016 mostraron desempeños confiables para la simulación de caudales. Para la calibración se obtuvieron indicadores estadísticos de $R^2 = 0.86$ (muy bueno), $NSE = 0.78$ (bueno) y $PBIAS = -17.58\%$ (satisfactorio) y en la validación, los indicadores se mantuvieron consistentes, con $R^2 = 0.87$ (muy bueno), $NSE = 0.75$ (bueno) y $PBIAS = 24.84\%$ (satisfactorio). Estos resultados confirman que el modelo SWAT reproduce adecuadamente el comportamiento hidrológico de la cuenca, proporcionando una buena confiabilidad para realizar proyecciones de cambio climático.
3. El modelo climático que representa mejor el comportamiento hidrológico y climático en la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, es el modelo ACCESS-ESM1-5 de los modelos de circulación general del CMIP6. Este modelo fue obtenido tras el análisis de los diagramas de Taylor para precipitación, temperatura máxima y mínima, y caudales. En la comparación de las simulaciones con el caudal observado, el modelo alcanzo los indicadores estadísticos de $PBIAS$ de 11.27%, un $RMSE$ de 15.19 y un R de 0.67, evidenciando un buen desempeño frente a otros modelos. Estos resultados respaldan su selección para el análisis de proyecciones de precipitación, temperatura y caudales en esta investigación.
4. El análisis de la influencia del cambio climático en la precipitación y temperatura de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura evidencia un incremento progresivo de ambas variables hacia finales del siglo. En el escenario SSP2-4.5, la precipitación anual aumenta en 22.21%, 37.20% y 49.91% para los futuros cercano, medio y lejano. De forma similar, la temperatura media muestra un incremento, pasando de 6.35°C en el periodo

histórico a 8.00°C, 8.92°C y 9.61°C para los periodos proyectados. En el escenario más crítico, SSP5-8.5, la precipitación incrementa en 12.00%, 83.01% y 155.71%, evidenciando aumentos extremos durante la temporada de lluvias, mientras que la temperatura se eleva de 6.35°C a 8.26°C, 9.92°C y 11.54°C en los futuros correspondiente. Estos resultados muestran una intensificación de temperatura y precipitación, evidenciando un clima más cálido y precipitaciones considerablemente mayores hacia finales del siglo, lo que podría modificar de forma significativa los procesos hidrológicos y las condiciones ambientales de la zona de estudio.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las entidades encargadas de la gestión del recurso hídrico, considerar los incrementos proyectados de caudales y la mayor variabilidad estacional identificada en este estudio para el diseño y operación de infraestructuras hidráulicas, incorporando criterios de gestión adaptativa que permitan enfrentar tanto periodos de exceso hídrico como posibles déficits en determinadas épocas del año durante el transcurso del presente siglo.
2. Emplear el modelo hidrológico SWAT como una herramienta de apoyo técnico en futuros estudios hidrológicos y de planificación en la cuenca altoandinas del Perú, debido a su adecuado desempeño en la simulación de caudales históricos, complementándolo con procesos periódicos de calibración conforme se disponga de información hidrometeorológica.
3. Incorporar el modelo de circulación ACCESS-ESM1-5 dentro de los modelos considerados para la selección final del modelo en los estudios de proyección climática e hidrológica en la cuenca alta del río Apurímac y zonas con características similares, así como evaluar su desempeño en otras cuencas altoandinas, a fin de fortalecer la selección de modelos climáticos adecuados para estudios locales.
4. Se recomienda al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) ampliar la red de estaciones meteorológicas e hidrométricas a nivel nacional, y realizar el mantenimiento de las estaciones existentes, con el fin de mejorar el monitoreo y la gestión de recursos hídricos.
5. Continuar con investigaciones en la cuenca alta del río Apurímac, evaluando el cambio climático de precipitación y temperatura, incorporando la variación del uso de suelo, así como transporte de sedimentos y erosión en la cuenca. Estos estudios son esenciales para validar las tendencias hidrológicas y mejorar la gestión integral del recurso hídrico en escenarios de cambio climático.
6. Utilizar lenguajes de programación como Python, R u otros para realizar el procesamiento de la información de los modelos de circulación general, extracción y manipulación de la base de datos necesaria para este tipo de análisis.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbaspour, K. C. (2015). *User Manual—SWAT Calibration and Uncertainty Programs*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://swat.tamu.edu/media/114860/usermanual_swatcup.pdf
- Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., Yang, H., & Klove, B. (2015). A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model. *Journal of Hydrology*, 524, 733-752. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.027>
- Alatorre, J. E., Ferrer, J., Galindo, L. M., Orlando, R., Samaniego, J., & Sanchez, L. (2015). *Ocho tesis sobre el cambio climatico y el desarrollo sostenible en America Latina*. <https://hdl.handle.net/11362/39840>
- Amador, J. A. (2007). *Métodos dinámicos y estadísticos de reducción de escala: Aplicaciones al clima, variabilidad climática y cambio climático*. 43. <https://hdl.handle.net/10669/427>
- Araque Arellano, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas* (Universidad Politécnica Salesiana). Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Hayney, E. B., & Neitsch, S. L. (2012). *Soil and Water Assessment Tool -Input/Output Documentation*. <https://swat.tamu.edu/media/ovfp5zeb/swat-io-documentation-2012.pdf>
- Astorayme Valenzuela, M. A. (2017). *Configuración de modelos climáticos, hidrologicos en la cuenca del Río Rímac, Perú* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12390/1856>
- Autoridad Nacional del Agua. (2012). *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Glosario de recursos hídricos* (R.J. Nro 180-2016-ANA, p. 514). Autoridad Nacional del Agua. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._180-2016-ana_0.pdf
- Autoridad Nacional del Ambiente & Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. (2014). *Sistema de clasificación de la cobertura y uso de la tierra para el sistema nacional de monitoreo de los bosques*.
- Aybar Camacho, C., Lavado Casimiro, W., Fernández Palomino, C., Vega Jácome, F., Sabino Rojas, E., & Felipe Obando, O. G. (2017). *Uso del Producto Grillado "PISCO" de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico* (Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017, p. 22). SENAMHI.
- Bates, B., Kundzewicz, Z. W., & Wu, S. (2008). *Cambio climático y el agua*. Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>

- Cabrera, J. (s. f.). *Modelamiento Hidrológico* [Htm]. Instituto para la Mitigación de los efectos de los efectos del Fenómenos El Niño. Recuperado 10 de julio de 2025, de <https://www.imefen.uni.edu.pe/modhidro.htm>
- Caceres De Baldarrago, F., Poma, I., & Spadaro, V. (2012). *Evaluación etnobotánica de la Yareta (Azorella compacta) en Arequipa (Perú) y sus posibles aplicaciones*.
- Campos Aranda, D. F. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico* (Universidad Autónoma de San Luis Potosí). Universitaria. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3331>
- Cano, A., Mendoza, W., Castillo, S., Morales, M., La Torre, M. I., Aponte, H., Delgado, A., Valencia, N., & Vega, N. (2010). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(1), 95-104.
- Castellanos, E., Lemos, M. F., Astigarraga, L., Chacón, N., Cuví, N., Huggel, C., Miranda, L., Moncassim Vale, M., Ometto, J. P., Peri, P. L., Postigo, J. C., Ramajo, L., Rocco, L., & Rusticucci, M. (2022). *Chapter 12: Central and South America*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-12/>
- Ccopa Maque, D. V., & Camino Morocco, T. N. (2025). *Influencia del cambio climático en la generación de los caudales de la cuenca alta del río Mapacho, región Cusco, 2023* [San Antonio Abad del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12918/10691>
- Centro Euro-Mediterráneo sui Cambiamenti Climatici. (s. f.). CMIP6—Coupled Model Intercomparison Project. CMCC. Recuperado 12 de julio de 2025, de <https://www.cmcc.it/what-we-do/data-services-and-applications/data-list/cmip6-scenario-simulations>
- Ceron Martinez, J. A. (2018). *El modelo SWAT como herramienta para la simulación y planificación del recurso hídrico* [Universidad de Nariño]. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/14501>
- Chereque Morán, W. (1989). *Hidrología: Para estudiantes de ingeniería civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada* (Martha Edna Suarez R.). MacGraw-hill.
- Coaquira Mayta, L. K. (2023). *Estimación de la oferta hídrica en la cuenca del río Lave en condiciones de cambio climático* [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20197>
- Colín-García, G., Palacios-Vélez, E., López-Pérez, A., Bolaños-González, M. A., Flores-Magdaleno, H., Ascencio-Hernández, R., & Canales-Islas, E. I. (2024). Evaluation of the Impact of Climate Change on the Water Balance of the Mixteco River Basin with the SWAT Model. *Hydrology*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/hydrology11040045>
- Coupled Model Intercomparison Project. (s. f.). *CMIP6_CVs* [Html]. Recuperado 4 de julio de 2025, de https://wcrp-cmip.github.io/CMIP6_CVs/
- De Lima Moraes, A. G., Hale Watkins, A., Brecheisen, Z., Bowling, L. C., Pinto Cáceres, J. P., Mayol Novoa, H., & Aric Cherkauer, K. (2023). The fast-changing climate reality of Arequipa, Peru. *International Journal of Climatology*, 43(2), 979-995. <https://doi.org/10.1002/joc.7855>

- Del Aguila, S., & Espinoza, F. (2024). Impacto del cambio climático en las descargas futuras de una cuenca altoandina de Perú al 2100. *Tecnología y ciencias del agua*, 15(1), 111-155. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-15-01-03>
- Delgadillo Santander, A., & Moreno Barrios, A. (2014). *Morfometría de cuencas*. <https://es.scribd.com/doc/284659636/Morfometria-de-Cuencas>
- Departament de Fonaments Clínics - UB. (2024). *Manual elemental de uso de IBM SPSS Statistics*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/207044/1/Manual-SPSS29.pdf>
- Fang, G. H., Yang, J., Chen, Y. N., & Zammit, C. (2015). Comparing bias correction methods in downscaling meteorological variables for a hydrologic impact study in an arid area in China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(6), 2547-2559. <https://doi.org/10.5194/hess-19-2547-2015>
- FAO. (1998). *Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage paper 56. <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm#Contents>
- FAO, O. de las N. U. para la agricultura y la alimentación. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (Cuarta).
- Feyissa, T. A., Demissie, T. A., Saathoff, F., & Gebissa, A. (2023). Evaluation of General Circulation Models CMIP6 Performance and Future Climate Change over the Omo River Basin, Ethiopia. *Sustainability*, 15(8), 6507. <https://doi.org/10.3390/su15086507>
- Gamez Morales, W. R. (2010). *Texto Básico de Hidrología*. Editronic. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2464>
- Girón, J. A., Gómez, C., & Recalde, A. (2000). *Manual de manejo de cuencas*. Visión Mundial El Salvador.
- Gobierno Regional de Arequipa. (2021). *Estrategia Regional de Cambio Climático*. Gobierno Regional de Arequipa. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estrategia-regional-cambio-climatico>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4a. ed). McGraw-Hill.
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (s. f.). *Morfología de las cuencas hidrográficas* (p. 12). Universidad Politécnica de Valencia.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc). (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1.^a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- IPCC. (2020). *El cambio climático y la tierra. Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres* (1.^a ed.). Cambridge University Press.

- Jodar-Abellan, A., Ruiz, M., & Melgarejo, J. (2018). Evaluación del impacto del cambio climático sobre una cuenca hidrológica en régimen natural (SE, España) usando un modelo SWAT. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 35(3), 240-253. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2018.3.564>
- Lopera Muñoz, L. M. (2022). *Efectos del cambio climático sobre el régimen de caudales en la cuenca Magdalena-Cauca simulados con una versión mejorada del modelo SWAT* [Monografía-Maestría, Universidad de Antioquia]. <http://hdl.handle.net/10495/28489>
- Lux Cardona, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/4482>
- Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO | PORTAL DE SUELOS DE LA FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). Recuperado 13 de junio de 2025, de <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>
- Mediero Orduña, L. (2007). *Pronóstico Probabilístico de caudales de avenida mediante redes Bayesianas aplicadas sobre un modelo hidrológico distribuido* [Departamento de Ingeniería Civil. Hidráulica y energética]. https://oa.upm.es/669/1/LUIS_MEDIERO_ORDU%C3%91A.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Hidrología, hidráulica y drenaje*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/4443017-20-2011-mtc-14>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal: Memoria descriptiva* (Ministerio del Ambiente). <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compresse>
- Ministerio del Ambiente. (2022). *Acción Climática en el Perú: Lineamientos del Reglamento de la Ley Marco sobre Cambio Climático*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2712889-accion-climatica-en-el-peru-lineamientos-del-reglamento-de-la-ley-marco-sobre-cambio-climatico>
- Ministerio del Ambiente (with Tovar Narváez, A.). (2018). *Definiciones conceptuales de los Ecosistemas del Perú*. Ministerio del Ambiente. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/definiciones_ecosistemas_peru.pdf
- Moriasi, D. N., Gitau, M. W., Pai, N., & Daggupati, P. (2015). Hydrologic and Water Quality Models: Performance Measures and Evaluation Criteria. *Transactions of the ASABE*, 58(6), 1763-1785. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>
- Naciones Unidas. (s. f.). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. *Desarrollo Sostenible*. Recuperado 26 de julio de 2025, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2005). *Herramienta de Evaluación de Suelo y Agua*. chrome-

- extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://swat.tamu.edu/media/46964/swat2005-theo-doc-spanish.pdf
- Ochoa-Tocachi, B. F., Cuadros-Adriazola, J., Edwing Arapa, Aste, N., Ochoa-Tocachi, E., & Bonnesoeur, V. (2022). Guía de Modelación Hidrológica para la Infraestructura Natural. *Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Gobierno de Canadá.*, 148. <https://www.forest-trends.org/publications/guia-de-modelacion-hidrologica-para-la-infraestructura-natural/>
- O'Neill, B. C., Tebaldi, C., Van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J.-F., Lowe, J., Meehl, G. A., Moss, R., Riahi, K., & Sanderson, B. M. (2016). The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(9), 3461-3482. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *¿Que es una cuenca hidrológica?* (Zaniel I. Novoa Goicochea). Sociedad Geográfica de Lima. <https://isbn.bn.p.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=53967>
- Picard2024. (2025, agosto 26). Prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) para dos muestras. *CFD Institute*. <https://datasciencepythonblog.net/prueba-de-kolmogorov-smirnov-ks-para-dos-muestras/>
- Polanco Vera, L. D. (2024). *Evaluación de los modelos climáticos CMIP6 para representar la variabilidad espacial temporal de la precipitación y temperatura (1981-2014) en la región Arequipa* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/19413>
- Ponce, V. M. (2014). *Engineering Hydrology, Principles and Practices*. <https://ponce.sdsu.edu/enghydro/index.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina de Naciones Unidas de Servicios para Proyectos, & Proyecto EBHICA. (2013). *Nuevo y definitivo estudio técnico de balance hídrico integral cuenca alta del río Apurímac hasta la confluencia con el río Salado* (p. 554). Autoridad Nacional del Agua. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/911>
- Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados. (2022, octubre 30). *CMIP - Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados*. <https://wcrp-cmip.org/>
- ¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center. (s. f.). Recuperado 6 de julio de 2025, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Quintero Angel, M., Carvajal Escobar, Y., & Aldunce, P. (2012). Adaptación a la variabilidad y el cambio climático: Intersecciones con la gestión del riesgo. *Revista Luna Azul*, 34, 257-271.
- Rathjens, H., Bieger, K., Srinivasan, R., Chaubey, I., & Arnold, J. G. (2016). *CMhyd User Manual*.
- Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., Kc, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- Rojas, P. (2017). ¿Qué es un Modelo GCM – Modelos de Circulación General? *Ingeciv*. <https://ingeciv.com/que-es-un-modelo-gcm-modelos-de-circulacion-general/>

- Sancho Álvarez, C., González Such, J., & Bakieva, M. (2015). PSPP. Correlación bivariada. Coeficiente de Pearson. En *InnovaMIDE. Red de Innovación Educativa y Calidad Docente. Universidad de Valencia*. <http://www.uv.es/innovamide/l4u/PSPP/pspp09/pspp09.wiki>
- Soriano, E., Mediero, L., & Garijo, C. (2019). Selection of Bias Correction Methods to Assess the Impact of Climate Change on Flood Frequency Curves. *Water*, 11(11), 2266. <https://doi.org/10.3390/w11112266>
- Spyder | *Anaconda.org*. (s. f.). Recuperado 9 de junio de 2025, de <https://anaconda.org/anaconda/spyder>
- Taylor, K. E. (2005). Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106(D7), 7183-7192. <https://doi.org/10.1029/2000jd900719>
- Ullah, S., Ali, U., Rashid, M., Haider, S., Kisi, O., Vishwakarma, D. K., Raza, A., Alataway, A., Dewidar, A. Z., & Mattar, M. A. (2024). Evaluating land use and climate change impacts on Ravi river flows using GIS and hydrological modeling approach. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73355-2>
- Urbay Sanchez, D. J. (2022). *Modelamiento hidrológico y los impactos potenciales del cambio climático en la cuenca del Río Yauco* [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/31270>
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*.
- Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2016). *Topografía* (14.^a ed.). Alfaomega GrupoEditor, S. A. de C. V.
- World Meteorological Organization. (2022, diciembre 16). *Climate*. World Meteorological Organization. <https://wmo.int/topics/climate>
- World Meteorological Organization. (2023, marzo 26). *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. World Meteorological Organization. <https://wmo.int/activities/intergovernmental-panel-climate-change-ipcc>
- Zeballos, H., Ochoa, J. A., & López, E. (2010). *Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca* (Primera). Nova Print SAC.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
- ¿Cuál es el grado de influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, región Arequipa, 2024?	- Evaluar el grado de influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, región Arequipa, 2024.	- Los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta La Angostura disminuirán significativamente debido a la influencia del cambio climático, región Arequipa, 2024.	<u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u> CAMBIO CLIMÁTICO	Precipitación	Precipitación diaria	Alcance: Descriptivo-Correlacional
				Temperatura	Temperatura máxima diaria	Enfoque: Cuantitativa
					Temperatura mínima diaria	Diseño: No experimental - longitudinal
						Unidad de analisis: Cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
- ¿Cuál será el nivel de confiabilidad de los caudales generados por el modelo hidrológico SWAT respecto a la información hidrométrica observada en la estación La Angostura?	- Determinar el nivel de confiabilidad de los caudales generados por el modelo hidrológico SWAT respecto a la información hidrométrica observada en la estación La Angostura.	- El nivel de confiabilidad de los caudales generados por el modelo hidrológico SWAT respecto a la información hidrométrica observada en la estación La Angostura, es óptima para simular condiciones hidrológicas.	<u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u> CAUDALES	Caudales Observados	Caudales medios mensuales medidos	Población: Datos climáticos e hidrométricos de Cuenca del río Alto Apurímac
- ¿Cuál será el modelo climático global que mejor representa el clima de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura?	- Seleccionar el modelo climático global que mejor representa el clima de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura.	- El modelo climático global UKESM1-0-LL representa mejor el clima de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura.				Muestra: Datos climáticos e hidrométricos de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura
- ¿Cuál es el grado de influencia del cambio climático en la temperatura y la precipitación de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura hasta el año 2100?	- Evaluar el grado de influencia del cambio climático en la temperatura y precipitación de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura hasta el 2100.	- La temperatura y precipitación de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura variarán significativamente debido a la influencia del cambio climático hasta el año 2100.		Caudales Simulados	Caudales medios mensuales simulados	Muestreo: No probabilístico - Intencional

ANEXO N° 2

Resumen de la subcuenca 49999981 de la cuenca del río Hornillos

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	0.05
	Perímetro de la cuenca	Km	P	3.89
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	1.93
	Ancho de la cuenca	Km	w	0.03
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	4.70
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.01
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	1.92
	Lado Menor	Km	I	0.03
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.00
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.0050
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,205.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	0.34
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	0.04
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.015
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.18
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.73
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	0.34
	Tiempo de concentración	min	Tc	9.11
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	4,208.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,208.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,203.00

ANEXO N° 3

Resumen de la subcuenca 49999982 de la cuenca del río Hornillos

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	58.93
	Perímetro de la cuenca	Km	P	55.38
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	15.32
	Ancho de la cuenca	Km	w	3.85
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	2.04
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.25
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	25.37
	Lado Menor	Km	I	2.32
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.12
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.8810
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,523.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	17.31
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	8.30
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.023
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.38
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.14
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.77
	Tiempo de concentración	min	Tc	157.26
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,084.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,598.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,203.00

ANEXO N° 4*Resumen de la subcuenca 49999983 de la cuenca del río Hornillos*

	PARÁMETROS	UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	204.13
	Perímetro de la cuenca	Km	P	88.39
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	26.58
	Ancho de la cuenca	Km	w	7.68
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.75
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.29
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	38.95
	Lado Menor	Km	I	5.24
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.20
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	1.1180
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,613.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	31.03
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	50.14
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.012
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.21
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.25
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.02
	Tiempo de concentración	min	Tc	318.11
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,321.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,568.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,203.00

ANEXO Nº 5

Resumen de la subcuenca 49999984 de la cuenca del río Hornillos

	PARÁMETROS	UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	88.86
	Perímetro de la cuenca	Km	P	50.53
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	17.60
	Ancho de la cuenca	Km	w	5.05
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.51
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.29
	Rectángulo Lado Mayor	Km	L	21.04
	Equivalente Lado Menor	Km	I	4.22
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.14
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.8150
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,872.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	18.15
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	20.78
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.020
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.19
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.23
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.07
	Tiempo de concentración	min	Tc	170.87
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,383.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,935.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,568.00

ANEXO N° 6

Resumen de la subcuenca 49999985 de la cuenca del río Hornillos

	PARÁMETROS	UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	0.52
	Perímetro de la cuenca	Km	P	3.91
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	1.00
	Ancho de la cuenca	Km	w	0.52
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.53
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.52
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	1.64
	Lado Menor	Km	I	0.32
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.09
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.0620
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,588.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	0.79
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	0.01
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.010
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.20
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.02
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	13.00
	Tiempo de concentración	min	Tc	19.99
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	4,630.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,576.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,568.00

ANEXO N° 7

Resumen de la subcuenca 49999986 de la cuenca del río Hornillos

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	71.76
	Perímetro de la cuenca	Km	P	59.98
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	13.58
	Ancho de la cuenca	Km	w	5.28
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	2.00
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.39
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	27.37
	Lado Menor	Km	I	2.62
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.07
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.5460
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,672.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	18.45
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	7.13
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.011
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.21
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.10
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	2.52
	Tiempo de concentración	min	Tc	216.31
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,122.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,785.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,576.00

ANEXO N° 8

Resumen de la subcuenca 49999987 de la cuenca del río Hornillos

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	29.72
	Perímetro de la cuenca	Km	P	30.63
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	9.57
	Ancho de la cuenca	Km	w	3.11
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.59
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.32
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	13.04
	Lado Menor	Km	I	2.28
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.12
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.5840
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,710.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	12.42
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	1.63
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.008
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.26
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.05
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	4.56
	Tiempo de concentración	min	Tc	179.12
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,160.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,680.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,576.00

ANEXO N° 9

Resumen de la subcuenca 49999988 de la cuenca del río Hornillos

	PARÁMETROS	UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	66.37
	Perímetro de la cuenca	Km	P	42.62
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	13.57
	Ancho de la cuenca	Km	w	4.89
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.48
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.36
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	17.52
	Lado Menor	Km	I	3.79
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.29
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.9190
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	5,060.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	13.32
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	8.43
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.025
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.24
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.13
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.97
	Tiempo de concentración	min	Tc	123.95
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,599.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	5,014.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,680.00

ANEXO N° 10*Resumen de la subcuenca 49999989 de la cuenca del río Hornillos*

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	96.54
	Perímetro de la cuenca	Km	P	54.97
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	16.22
	Ancho de la cuenca	Km	w	5.95
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.58
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.37
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	23.35
	Lado Menor	Km	I	4.13
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.25
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.9600
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	5,028.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	15.75
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	15.56
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.016
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.23
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.16
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.55
	Tiempo de concentración	min	Tc	168.69
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,640.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,928.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,680.00

ANEXO N° 11

Resumen de la subcuenca 49999991 de la intercuenca del río Alto Apurímac

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	43.68
	Perímetro de la cuenca	Km	P	35.23
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	11.95
	Ancho de la cuenca	Km	w	3.65
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.50
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.31
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	14.63
	Lado Menor	Km	I	2.99
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.19
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.8690
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,462.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	2.32
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	20.35
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.001
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.29
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.47
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	0.54
	Tiempo de concentración	min	Tc	100.82
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,072.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,206.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,203.00

ANEXO N° 12

Resumen de la subcuenca 49999992 de la intercuenca del río Alto Apurímac

	PARÁMETROS	UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	53.50
	Perímetro de la cuenca	Km	P	41.04
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	14.66
	Ancho de la cuenca	Km	w	3.65
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.58
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.25
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	17.45
	Lado Menor	Km	I	3.07
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.23
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.9790
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,551.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	13.97
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	6.43
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.035
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.32
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.12
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	2.08
	Tiempo de concentración	min	Tc	113.14
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,185.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,694.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,206.00

ANEXO N° 13

Resumen de la subcuenca 49999993 de la intercuenca del río Alto Apurímac

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	98.25
	Perímetro de la cuenca	Km	P	54.78
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	16.12
	Ancho de la cuenca	Km	w	6.09
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.56
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.38
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	23.14
	Lado Menor	Km	I	4.24
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.19
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.9840
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,522.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	12.01
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	39.78
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.008
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.23
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.40
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	0.62
	Tiempo de concentración	min	Tc	179.97
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,187.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,296.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,203.00

ANEXO N° 14

Resumen de la subcuenca 49999994 de la intercuenca del río Alto Apurímac

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	75.89
	Perímetro de la cuenca	Km	P	48.79
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	16.00
	Ancho de la cuenca	Km	w	4.74
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.58
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.30
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	20.74
	Lado Menor	Km	I	3.66
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.32
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.9290
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,762.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	16.26
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	10.94
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.023
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.25
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.14
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.73
	Tiempo de concentración	min	Tc	150.19
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,225.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,665.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,296.00

ANEXO N° 15*Resumen de la subcuenca 49999995 de la intercuenca del río Alto Apurímac*

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	108.63
	Perímetro de la cuenca	Km	P	58.14
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	12.59
	Ancho de la cuenca	Km	w	8.62
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.57
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.68
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	24.67
	Lado Menor	Km	I	4.40
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.18
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.9970
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,649.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	9.04
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	38.74
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.013
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.23
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.36
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	0.70
	Tiempo de concentración	min	Tc	118.99
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,293.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,412.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,296.00

ANEXO N° 16

Resumen de la subcuenca 49999996 de la intercuenca del río Alto Apurímac

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	72.38
	Perímetro de la cuenca	Km	P	47.97
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	13.42
	Ancho de la cuenca	Km	w	5.39
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.59
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.40
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	20.45
	Lado Menor	Km	I	3.54
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.28
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.8810
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,801.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	16.46
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	13.96
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.018
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.25
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.19
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.30
	Tiempo de concentración	min	Tc	165.74
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,293.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,708.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,412.00

ANEXO N° 17

Resumen de la subcuenca 49999997 de la intercuenca del río Alto Apurímac

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	21.01
	Perímetro de la cuenca	Km	P	23.29
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	6.64
	Ancho de la cuenca	Km	w	3.16
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.43
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.48
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	9.42
	Lado Menor	Km	I	2.23
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.09
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.2710
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,562.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	4.30
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	3.00
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.025
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.12
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.14
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.75
	Tiempo de concentración	min	Tc	51.92
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	4,683.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,520.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,412.00

ANEXO N° 18

Resumen de la subcuenca 49999998 de la intercuenca del río Alto Apurímac

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	88.50
	Perímetro de la cuenca	Km	P	56.49
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	13.80
	Ancho de la cuenca	Km	w	6.41
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.69
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.46
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	24.66
	Lado Menor	Km	I	3.59
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.15
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.5630
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,729.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	17.65
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	18.76
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.011
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.16
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.21
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.18
	Tiempo de concentración	min	Tc	210.23
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,083.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,717.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,520.00

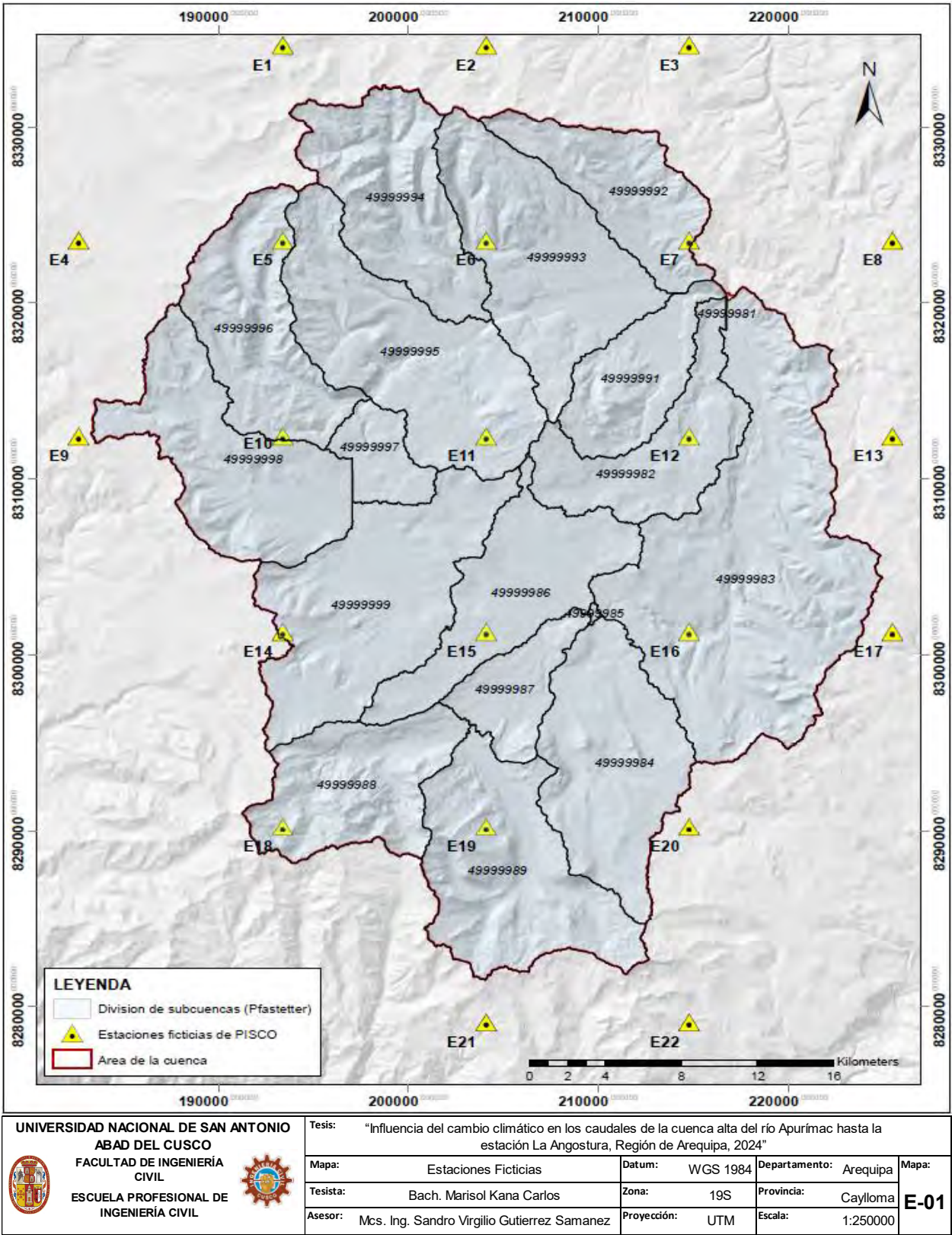
ANEXO N° 19

Resumen de la subcuenca 49999999 de la intercuenca del río Alto Apurímac

PARÁMETROS		UND	SIMBOLO	VALOR
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	Área de la cuenca	Km ²	A	111.76
	Perímetro de la cuenca	Km	P	69.56
	Longitud de la cuenca	Km	Lb	17.24
	Ancho de la cuenca	Km	w	6.48
PARÁMETROS DE FORMA	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius	s/u	Kc	1.86
	Factor de Forma	s/u	Kf	0.38
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor	Km	L	31.20
	Lado Menor	Km	I	3.58
PARÁMETROS DE RELIEVE	Pendiente media de la cuenca	%	S	0.11
	Desnivel altitudinal	Km	Ht	0.7520
	Elevación media de la cuenca	m.s.n.m.	Hm	4,747.00
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Longitud del cauce principal	Km	Lr	20.93
	Longitud total de corrientes	Km	Lt	24.40
	Pendiente media del cauce principal	m/m	Sm	0.020
	Pendiente del cauce (Criterio del Rectángulo Equivalente)	m/m	Ic	0.21
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	Dd	0.22
	Extensión media de escurrimiento	km	Es	1.14
	Tiempo de concentración	min	Tc	193.01
	Altitud máxima cuenca	m.s.n.m.	Hcu	5,272.00
	Altitud máxima río	m.s.n.m.	Hmáx	4,930.00
	Altitud mínima río	m.s.n.m.	Hmín	4,520.00

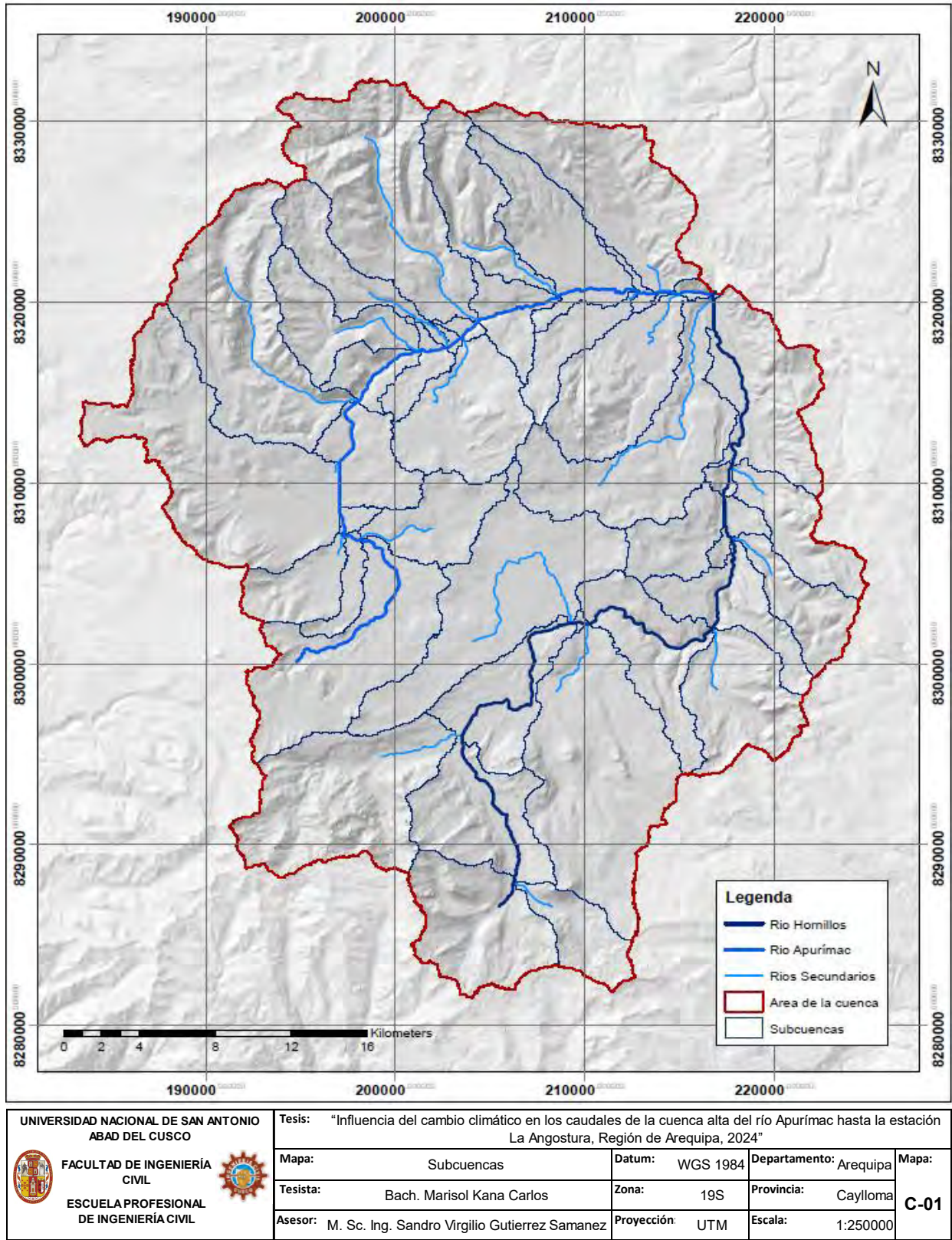
ANEXO N° 20

Mapa de ubicación de estaciones ficticias



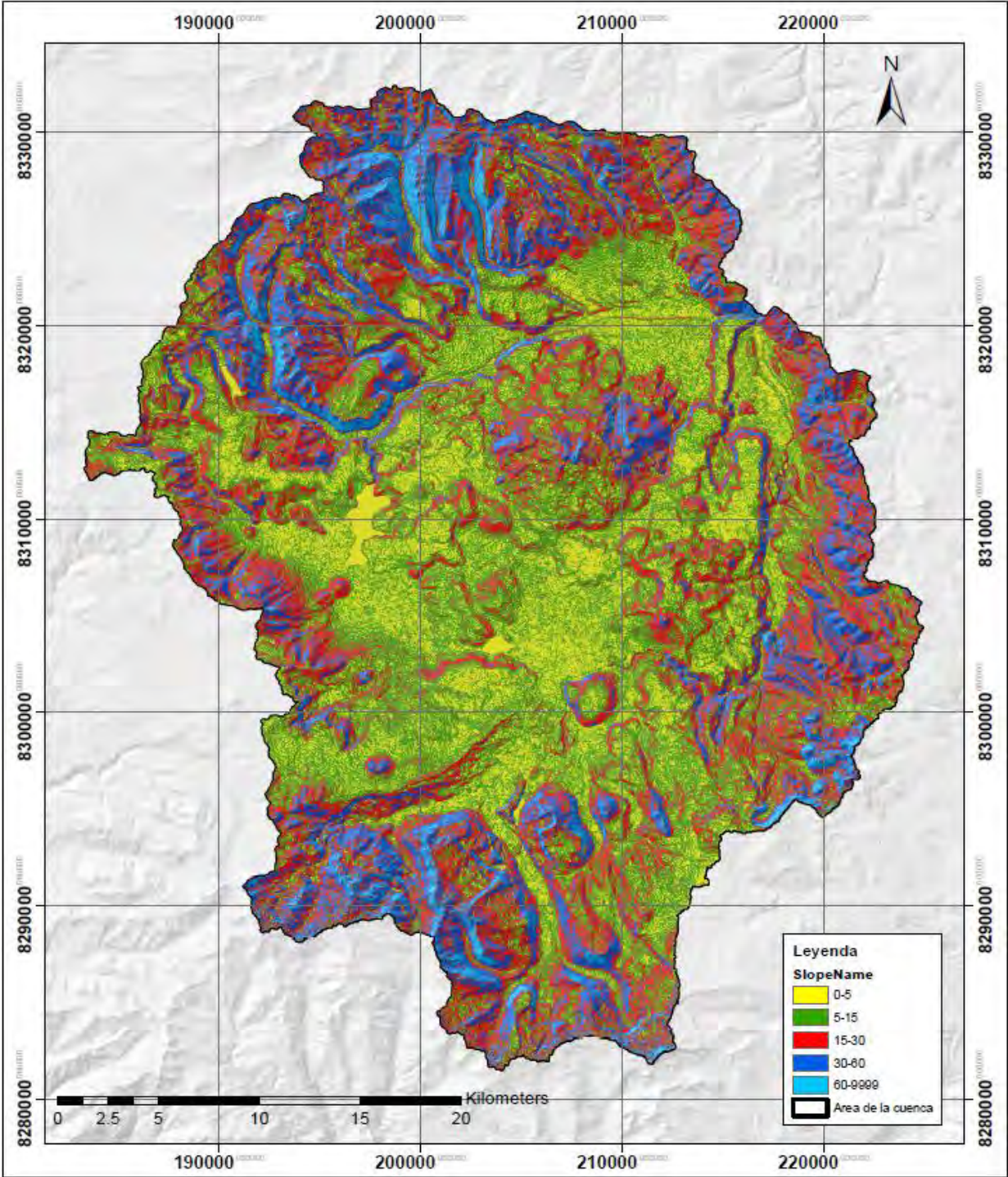
ANEXO N° 21


Subcuencas de la cuenca Alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura



ANEXO N° 22

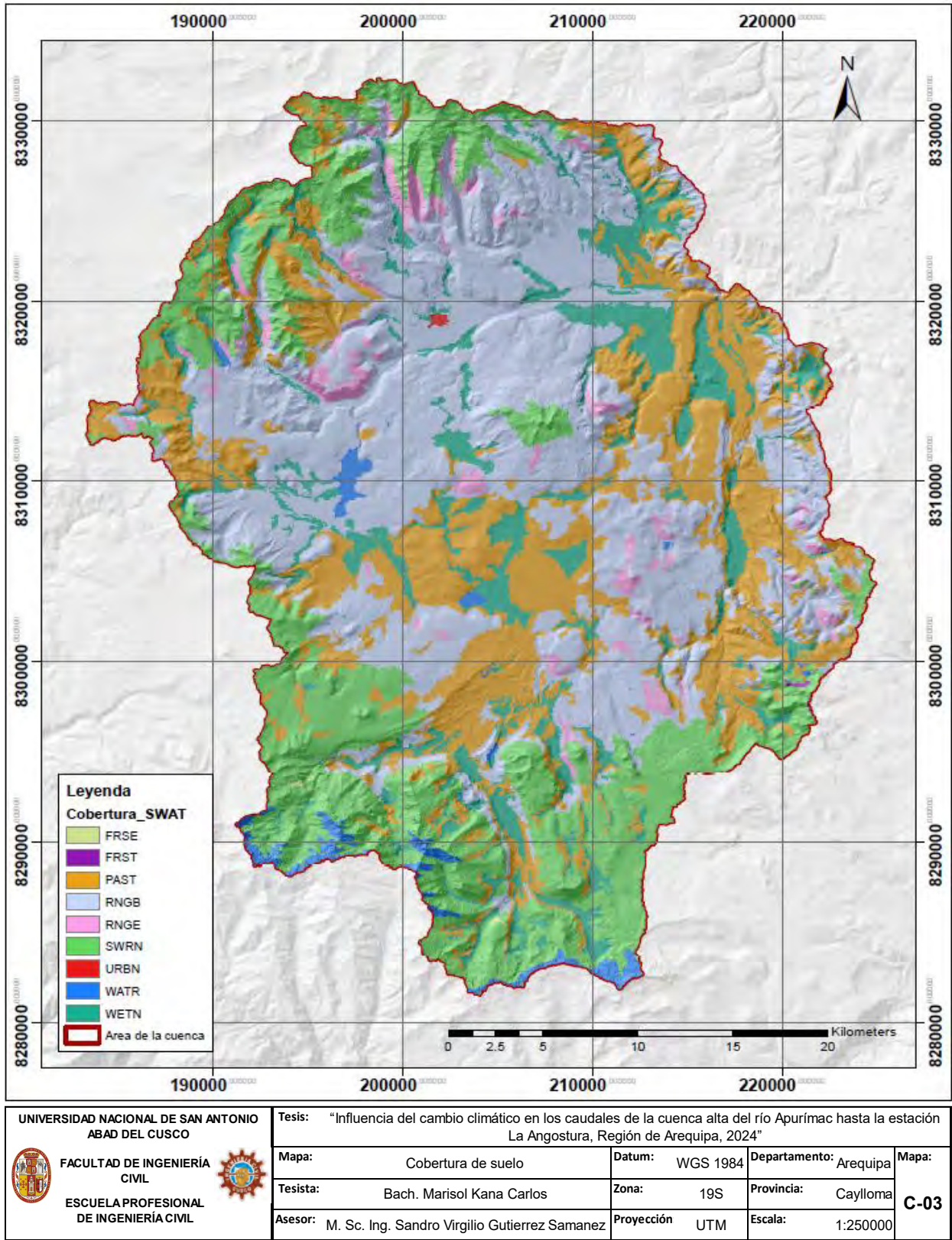
Mapa de pendientes de cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		Tesis: "Influencia del cambio climático en los caudales de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura, Región de Arequipa, 2024"			
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	Mapa:	Pendientes	Datum:	WGS 1984	Departamento: Arequipa
	Tesista:	Bach. Marisol Kana Carlos	Zona:	19S	Provincia: Caylloma
	Asesor:	M. Sc. Ing. Sandro Virgilio Gutierrez Samanez	Proyección	UTM	Escala: 1:250000
					Mapa: C-02

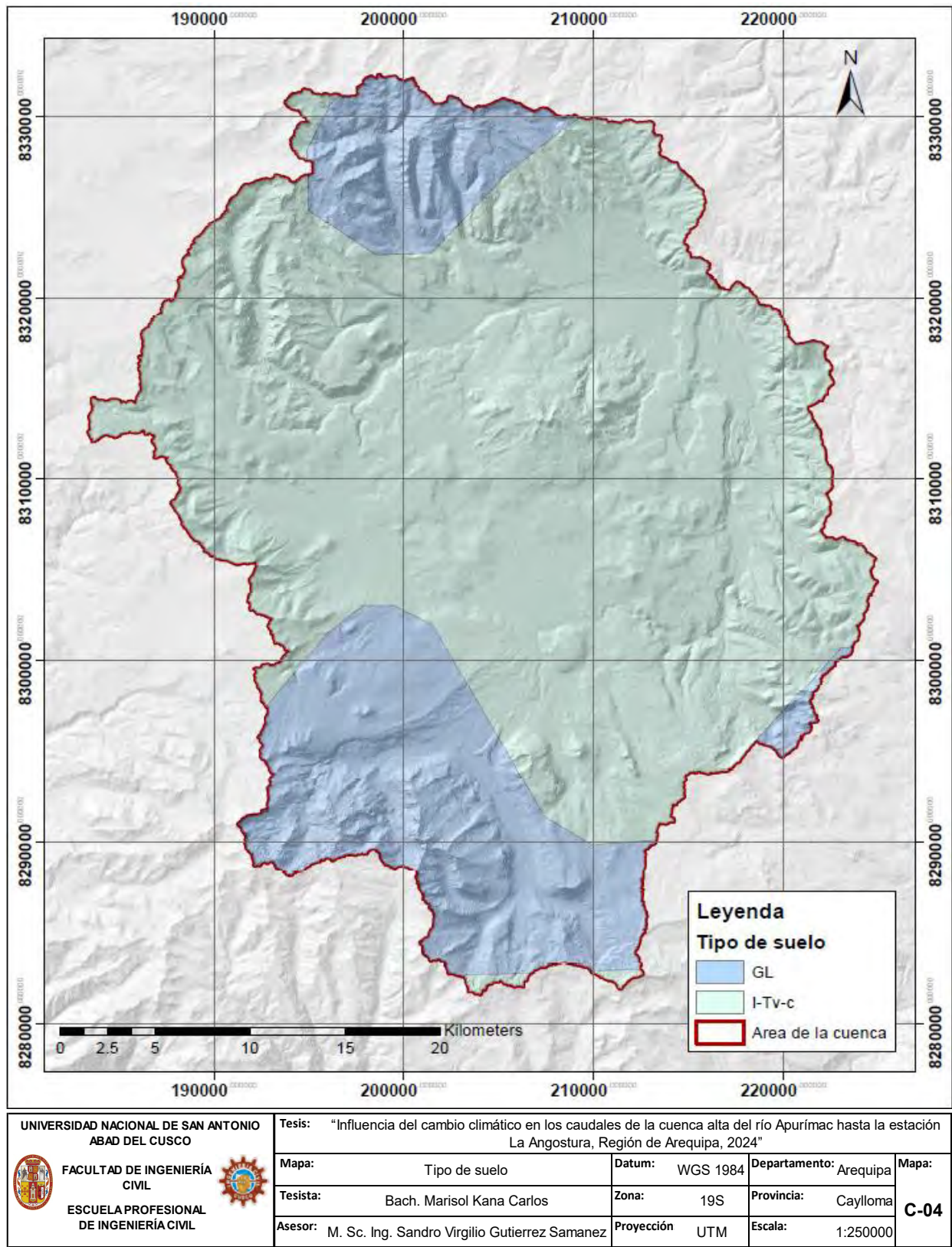
ANEXO N° 23

Mapa de cobertura de suelo de cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura



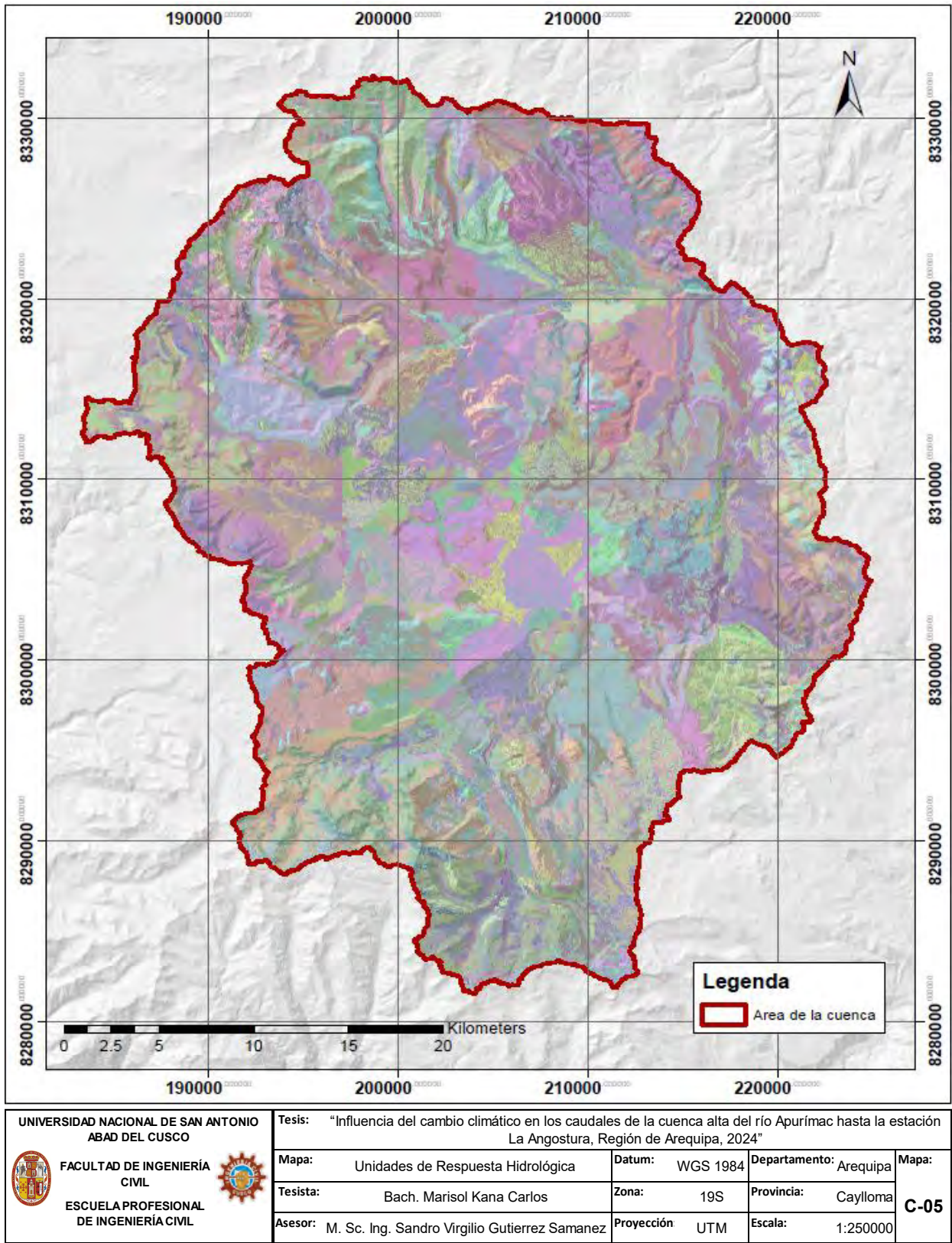
ANEXO N° 24

Mapa de tipo de suelo de cuenca alta del río Apurímac hasta la estación Angostura



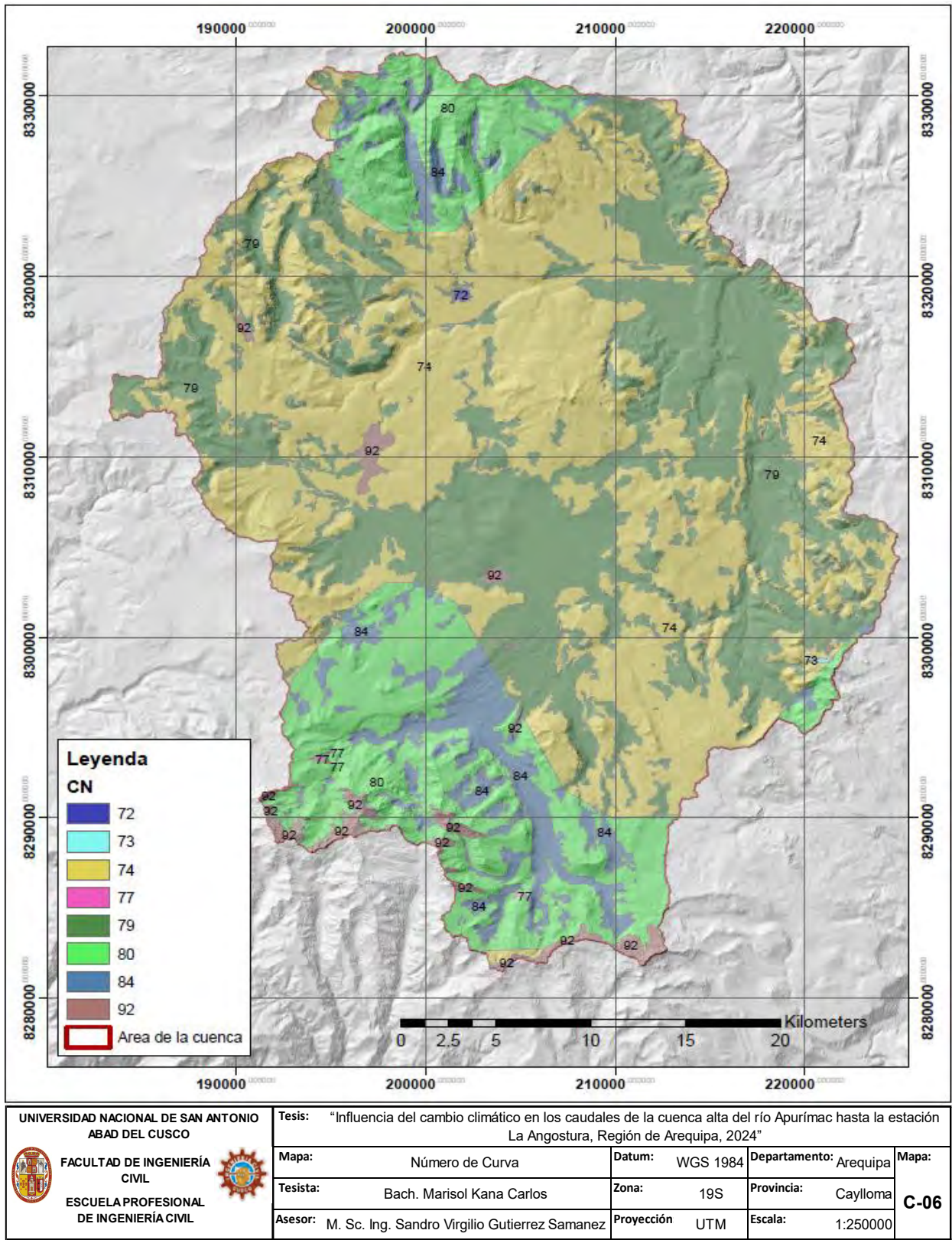
ANEXO N° 25

Mapa de HRU de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura



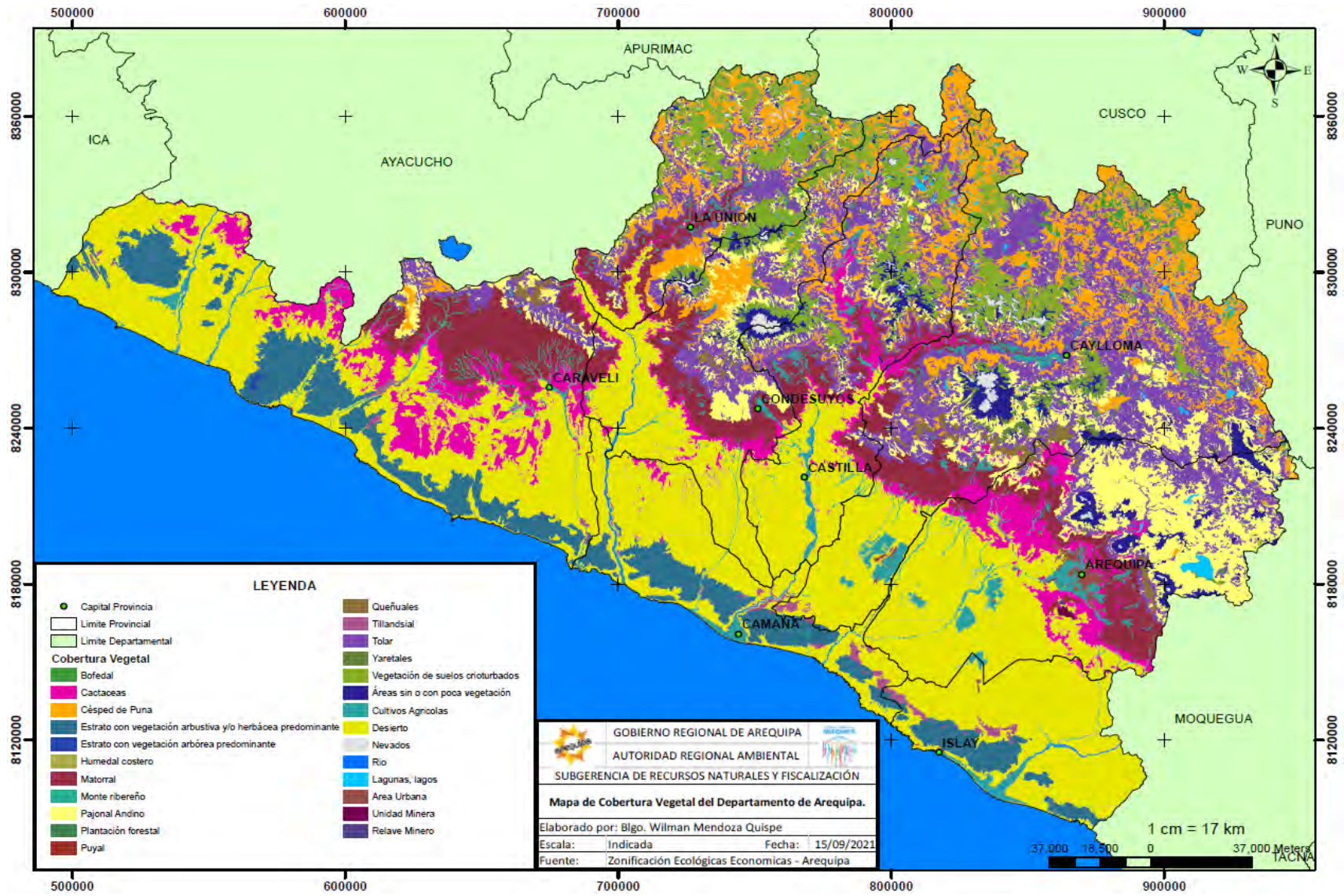
ANEXO N° 26

Mapa de Número de Curva de la cuenca alta del río Apurímac hasta la estación La Angostura



ANEXO N° 27

Mapa de cobertura de suelos – SINIA



ANEXO N° 28

Mapa de suelos de América del Sur – FAO



Legend

Ag- Gleyic Acrisols	Fr- Rhodic Ferralsols	Jd- Dystric Fluvisols	Nd- Dystric Nitosols	Th- Humic Andosols	Xh- Haplic Xerosols
Ao- Orthic Acrisols	Fx- Xanthic Ferralsols	Je- Eutric Fluvisols	Ne- Eutric Nitosols	Tm- Mollic Andosols	Xk- Calcic Xerosols
Ap- Plinthic Acrisols	Gc- Calcaric Gleysols	Jt- Thionic Fluvisols	O- HISTOSOLS	Tv- Vitric Andosols	Xl- Luvic Xerosols
Bd- Dystric Cambisols	Gd- Dystric Gleysols	Kh- Haplic Kastanozems	Ph- Humic Podzols	U- RANKERS	Yh- Haplic Yermosols
Be- Eutric Cambisols	Ge- Eutric Gleysols	Kk- Calcic Kastanozems	Qa- Albic Arenosols	Vc- Chromic Vertisols	Yl- Luvic Yermosols
Bh- Humic Cambisols	Gh- Humic Gleysols	Kl- Luvic Kastanozems	Qf- Ferralic Arenosols	Vp- Pellic Vertisols	Zg- Gleyic Solonchaks
Bk- Calcic Cambisols	Gm- Mollic Gleysols	Lo- Chromic Luvisols	Rd- Dystric Regosols	Wd- Dystric Planosols	Zo- Orthic Solonchaks
Fa- Acric Ferralsols	Hh- Haplic Phaeozems	Lf- Ferric Luvisols	Re- Eutric Regosols	We- Eutric Planosols	Water bodies (WA)
Fh- Humic Ferralsols	Hi- Luvic Phaeozems	Lo- Orthic Luvisols	Sm- Mollic Solonetz	Wm- Mollic Planosols	Glaciers (GL)
Fo- Orthic Ferralsols	I- LITHOSOLS	Lp- Plinthic Luvisols	So- Orthic Solonetz	Ws- Solodic Planosols	Salt flats (ST)
					Land boundaries

ANEXO N° 29

Caudales medios mensuales de la estación La Angostura

ESTACIÓN ANGOSTURA
CAUDAL MEDIO MENSUAL (m³/s)

1964 - 2016

Estación : ANGOSTURA Latitud : 15°10'49" S Dpto. : AREQUIPA
 Código : ---- Longitud : 71°39'00" W Prov. : CAYLLOMA
 Cuenca : ALTO APURÍMAC Altitud : 4,220 m.s.n.m. Dist. : CAYLLOMA

Nro	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
1	1964	10.9	17.3	17.4	9.2	6.2	5.3	4.7	4.4	3.6	2.2	3.2	4.7	7.4
2	1965	4.7	14.2	14.8	6.8	4.5	4.2	3.7	3.6	3.3	3.0	2.1	4.4	5.8
3	1966	3.9	9.2	12.1	3.8	3.6	3.0	2.7	2.6	2.3	2.5	4.7	5.6	4.7
4	1967	6.3	24.7	54.8	18.4	5.8	4.4	4.1	3.5	4.1	4.0	3.3	4.1	11.5
5	1968	21.7	26.1	31.2	10.1	5.3	4.3	4.2	3.1	3.6	4.0	8.1	7.7	10.8
6	1969	8.0	23.4	19.4	7.5	4.3	3.8	3.8	4.0	3.6	3.5	4.8	6.2	7.7
7	1970	26.0	38.4	30.4	14.3	6.1	4.6	4.2	4.0	4.1	3.3	3.4	5.9	12.0
8	1971	15.2	45.9	30.8	8.2	4.9	4.3	4.0	3.6	3.4	3.1	2.7	3.4	10.8
9	1972	29.4	27.5	48.8	17.4	6.0	4.5	3.9	3.8	3.4	4.2	3.9	6.7	13.3
10	1973	30.1	49.9	57.6	23.2	6.7	5.4	4.7	4.1	4.0	3.7	4.3	6.5	16.7
11	1974	38.3	76.6	24.9	11.5	5.7	5.1	4.4	4.9	4.7	3.9	3.8	4.6	15.7
12	1975	15.6	40.9	49.1	15.4	5.8	4.9	3.2	3.6	3.2	3.1	3.2	9.2	13.1
13	1976	40.8	46.8	67.2	14.2	6.2	5.1	4.8	4.2	5.9	3.9	3.5	4.7	17.3
14	1977	6.2	34.2	39.7	11.6	5.3	4.9	3.7	3.7	3.8	3.3	3.9	4.7	10.4
15	1978	30.0	28.0	8.0	7.8	4.7	4.1	3.6	3.3	3.5	3.2	4.7	5.8	8.9
16	1979	10.9	7.7	27.1	7.4	5.0	3.7	3.7	3.1	2.4	2.3	2.7	1.8	6.5
17	1980	11.4	6.2	22.7	10.7	4.4	3.9	3.2	1.7	1.9	2.4	2.4	2.9	6.2
18	1981	64.8	52.9	28.4	13.1	6.4	5.0	4.1	4.3	3.0	2.6	2.3	4.2	15.9
19	1982	16.8	10.9	26.8	10.7	4.6	4.1	3.7	3.2	2.7	5.6	10.0	15.9	9.6
20	1983	5.2	4.9	4.8	3.9	2.4	1.7	1.7	1.6	1.5	1.9	1.4	1.9	2.7
21	1984	18.7	42.5	87.5	14.6	8.2	5.4	5.1	4.9	3.5	3.1	12.6	13.7	18.3
22	1985	9.1	21.0	36.0	20.7	8.1	5.6	5.2	4.6	3.1	2.8	3.6	4.2	10.3
23	1986	13.3	44.1	66.4	23.4	8.5	5.5	4.8	4.5	3.3	2.9	2.4	3.3	15.2
24	1987	22.1	17.7	7.9	7.8	2.5	3.3	3.5	3.3	3.8	2.9	5.8	7.1	7.3
25	1988	18.9	25.0	38.0	14.8	5.7	3.7	2.7	2.7	4.1	3.4	6.2	6.5	11.0
26	1989	12.9	14.5	25.2	12.8	4.6	2.3	2.8	2.3	3.3	3.3	3.9	4.2	7.7
27	1990	3.9	1.8	5.6	5.5	3.1	2.8	3.2	3.3	4.0	3.9	8.6	18.2	5.3
28	1991	18.4	22.8	29.0	8.2	5.3	5.5	4.9	5.3	5.2	4.2	5.2	10.2	10.3
29	1992	6.5	2.6	4.1	3.1	4.3	4.2	3.7	3.9	5.2	4.2	3.7	4.1	4.1
30	1993	19.5	14.5	21.5	8.6	4.1	4.1	3.9	3.8	3.8	5.0	8.3	16.8	9.5
31	1994	38.3	71.1	17.5	8.4	6.6	5.0	4.7	5.3	4.5	3.3	3.0	6.2	14.5
32	1995	8.5	11.9	47.6	8.5	2.4	0.4	2.2	2.2	2.3	2.1	4.3	9.4	8.5
33	1996	14.6	45.0	17.9	9.0	2.6	1.4	1.7	1.1	1.1	1.1	0.3	1.4	8.1
34	1997	12.1	34.4	23.9	3.8	0.7	0.4	0.4	0.5	0.7	0.4	0.3	1.2	6.6
35	1998	27.6	49.0	25.3	21.4	11.9	11.4	9.2	8.5	6.5	4.4	5.6	10.1	15.9
36	1999	19.1	46.9	52.5	31.4	11.3	5.8	4.5	2.8	2.8	5.6	2.4	7.0	16.0
37	2000	39.2	59.0	63.6	14.6	7.6	5.6	4.2	3.6	3.1	3.7	3.2	4.0	17.6
38	2001	47.5	67.4	77.3	24.4	7.7	5.9	4.4	3.8	3.4	2.6	2.2	5.4	21.0
39	2002	13.5	37.9	40.1	16.2	7.0	5.6	4.3	3.3	3.1	3.1	4.6	6.0	12.1
40	2003	39.9	47.0	71.4	19.2	7.0	5.0	4.2	3.6	3.4	2.5	2.3	3.7	17.4
41	2004	22.2	30.9	20.3	10.4	5.4	4.1	3.6	3.7	3.4	2.6	2.1	6.6	9.6
42	2005	12.1	38.4	29.8	18.9	3.2	1.6	1.8	1.8	2.3	1.8	1.4	4.3	9.8
43	2006	33.8	75.3	78.2	38.5	11.9	5.5	5.9	4.7	4.7	4.6	6.3	5.1	22.9
44	2007	34.5	33.5	55.0	22.5	8.0	4.6	3.1	3.7	3.4	2.8	3.5	4.7	14.9
45	2008	56.8	34.0	26.4	9.8	7.7	6.5	6.2	3.2	4.9	4.3	0.7	2.0	13.5
46	2009	14.9	35.1	86.9	32.9	13.2	4.4	5.1	5.9	5.2	5.7	6.6	5.4	18.4
47	2010	28.4	51.3	26.4	12.8	6.2	4.3	3.6	3.7	5.8	5.3	3.7	2.7	12.9
48	2011	38.3	110.7	52.8	47.7	14.6	6.2	6.0	5.1	2.9	1.3	1.1	8.7	24.6
49	2012	72.1	193.3	87.1	64.5	30.2	22.2	15.3	12.1	5.5	3.3	3.0	45.2	46.2
50	2013	46.7	65.9	78.4	16.6	6.7	7.2	6.2	6.0	4.9	4.5	2.7	5.7	21.0
51	2014	31.4	11.1	37.7	19.6	7.3	3.3	2.3	2.2	2.4	3.2	3.4	2.1	10.5
52	2015	15.6	81.5	81.3	36.9	8.6	4.4	3.6	3.3	1.9	2.0	2.8	1.9	20.3
53	2016	1.5	44.6	19.7	19.7	6.5	4.8	5.2	4.2	4.4	4.0	2.6	1.3	9.9
Media		24.9	40.2	39.6	16.2	6.8	4.9	4.2	3.9	3.6	3.3	3.9	6.9	13.2
DesvStd		15.9	32.2	23.8	11.6	4.6	3.2	2.2	1.8	1.2	1.2	2.4	6.9	8.9
Min		3.9	1.8	4.1	3.1	0.7	0.4	0.4	0.5	0.7	0.4	0.3	1.2	1.5
Max		72.1	193.3	87.5	64.5	30.2	22.2	15.3	12.1	6.5	5.7	12.6	45.2	47.3

Fuente: AUTODEMA.

(*) 1964-2011: Estudio hidrologico Lahmeyer, 2014.

" - ": Sin registro.


ANEXO N° 30**Registro de trámite en AUTODEMA para Información hidrométrica de la estación La Angostura**

Información hidrométrica

mesa de partes <mesadepartes@pems.pe> 20 de agosto de 2024, 12:02
 Para: MARISOL KANA CARLOS <164429@unsaac.edu.pe>

BUENOS DIAS
 SU DOCUMENTO SE REGISTRO CON EXITO.
 DOC: 7294793
 EXP: 4528443

ATENTAMENTE
 TRAMITE DOCUMENTARIO - AUTODEMA



De: "MARISOL KANA CARLOS" <164429@unsaac.edu.pe>
 Para: "mesadepartes" <mesadepartes@pems.pe>
 Enviados: Martes, 20 de Agosto 2024 11:34:11
 Asunto: Re: Información hidrométrica

Nota. Se realizó el trámite para obtener los datos hidrométricos a la entidad de AUTODEMA Arequipa, la imagen muestra el correo de confirmación del registro del trámite documentario

ANEXO N° 31**Trámite para la obtención de información meteorológica de SENAMHI**

Expediente N° 2024-0008247 Años 2024

Documento
 SOLICITUD N°1095562: Solicito datos Meteorologicos

Buscar:

Anterior 1 Siguiente

FECHA ENVÍO	OF.ENVÍA	OBSERVACIONES	OF.RECIBE	ESTADO
2024-08-26 17:16:56.0	UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL - VALVERDE BOCANEGRA MANUEL JESUS		UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL - VALVERDE BOCANEGRA MANUEL JESUS	DERIVADO
2024-08-27 14:41:34.0	UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL - VALVERDE BOCANEGRA MANUEL JESUS		SUBDIRECCION DE GESTION DE DATOS - CORREA MARROU KRIS MILAGROS	ATENDIDO
2024-08-27 15:56:01.0	SUBDIRECCION DE GESTION DE DATOS - CORREA MARROU KRIS MILAGROS		UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL - VALVERDE BOCANEGRA MANUEL JESUS	DERIVADO
2024-09-02 08:55:12.0	UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL - VALVERDE BOCANEGRA MANUEL JESUS		UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL - GAMARRA CHAVARRY LUIS FELIPE	ARCHIVADO

Nota. Se muestra la captura del seguimiento del trámite documentario para obtención de la información diaria de precipitación, temperatura máxima y mínima de las estaciones del SENAMHI en su plataforma de seguimiento de trámite, el cual tiene como número de expediente 2024-0008247.

ANEXO N° 32

Información meteorológica de la estación La Angostura proporcionada por SENAMHI

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION

ESTACIÓN: LA ANGOSTURA/000754/DZ06 ALT: 4258 MSNM LONG: 71° 39' 4.44"
LAT: 15° 10' 57.11" DPTO: AREQUIPA

HR101 HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA (%)
PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)
TM102 TEMPERATURA MAXIMA DIARIA (°C)
TM103 TEMPERATURA MINIMA DIARIA (°C)

Variable	Mes	Día	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
PT101	1	1		0.4	6.2	0	5.8	6	7.9	0.6	0.9	0	3.4	20.2	6.9	15.3	1	0	1.9	32	0.7	0	T	13.4	0	0.6	1	18.9	5.2
PT101	1	2		14	0.2	0	5.2	0	0	6.5	8.4	11.1	4.2	6.3	0	15.9	0	0.5	2.8	18.6	0	0.1	0	17.8	0	14.3	2.3	17	19.1
PT101	1	3		10.9	3.7	0.7	4.3	0	8.8	5.9	7.6	12	0	14.9	18.9	4.5	0	4.9	0	18.2	2	7.4	1.8	19.3	0	15.5	T	2.6	24.4
PT101	1	4		1	21	0.4	17.4	0	0.8	7.5	2.8	3.3	1.2	3.6	18.7	5.3	T	1.1	0	9.8	0.8	0.9	0.5	4.6	15.3	10.1	0	0	15.6
PT101	1	5		0	20.5	15.9	1.1	0	0	17.8	0.6	2.4	0.2	0.9	0.5	1.7	0	4.7	0	33.4	0.5	0	1	T	2.4	14.9	4.3	24.1	7
PT101	1	6		9	0.7	20.8	0.4	0	0	21.4	5.6	6.1	0	6	11.9	6.1	8.7	12.3	0.7	14.6	0	0	18.2	3.4	4.7	8.4	15.2	13.1	5.6
PT101	1	7		10.4	2.6	10.7	0	0	0	3.4	2.2	23.5	0	12.6	1.8	10	13.2	8.2	0.5	21.2	8.8	0	12.2	0.6	9.8	23.4	6.2	14.1	20.4
PT101	1	8		0	10.6	4.6	0	0	2.1	0.3	0.8	1.2	0.9	0	10.7	18.6	1.7	0	7.3	4.3	4.6	0	0.2	0	0.2	7.1	0	5	22.6
PT101	1	9		14.8	32.9	3.6	9.9	0	8	32	0	13	0	0	12.6	0.3	0.1	2	4.9	0	5.4	0	3.7	0	0.6	1.9	0	0	6.1
PT101	1	10		18.4	0	0	3.8	0	2.5	32.9	8.1	4.8	0.9	0.5	1.3	9.5	8.7	1.5	3	0	7.8	0	5.5	10	2.8	12.9	0.2	11.5	2.3
PT101	1	11		1.3	0	0	3.6	1.7	2.7	5.9	0	2.1	4.5	0.4	17	2.8	13.5	2.1	11.4	8.1	0.6	0	0	8.6	0	6	0	2.4	0
PT101	1	12		30.2	2	0	0.2	0.3	3.4	8.6	0	2.8	9.6	11.4	17.8	13.7	13.3	0	2.5	0	0	0	1.9	0.6	0	1.3	T	1.7	0
PT101	1	13		12.5	7.9	0	7.6	3.3	4.9	3.7	16.6	1	8.5	0	12.6	0	11.2	T	0	0.1	0	0.6	5.9	4.5	0	0.3	0	2.9	16.5
PT101	1	14		23.6	7.5	0	0.6	0	1	8.4	1.6	0.3	5.4	6.9	3.6	17.2	0.5	6.5	12.7	0	12.1	0	20.4	7.9	0.2	0.2	0	5.3	3.1
PT101	1	15		0.6	0.4	0	0	3.8	0	4.8	10.1	0.6	1.6	30.8	1.3	5	0.8	2.8	4	0	T	2	4.6	0.1	0	9.2	9.8	13.5	6
PT101	1	16		8	1.1	0	0	0	1.8	11	6	1.8	2.9	13	24.5	2.1	15.3	2.3	0.4	0.8	18.7	5.2	T	3.1	7.5	4.3	2.5	2.6	9.3
PT101	1	17		0	27.5	0	0.1	0.3	0	12.5	0.2	4.2	7	2	0.1	1.6	13.1	4	3.2	4.1	T	11.6	1.4	6.7	T	18	1	9.6	2.8
PT101	1	18		0.3	11.3	0	0	11.3	0	5.1	0.4	7.2	2.6	7.5	5.7	2.5	14.7	19.6	T	6.8	0	21.2	16.5	9.6	8	2.4	0.3	16.3	4
PT101	1	19		0	6.4	0	0	18	0	16.3	3.1	0.7	12.1	8.7	15.1	10.2	1.6	3	0	13.3	0	0	1.4	8.7	0.2	0	T	9.1	0.9
PT101	1	20		1.1	8.6	0	0	0.2	0	7.3	0	2	14.5	11.4	3.4	3.6	20.2	26.3	0	13.4	1.1	0	23.8	5.8	0.3	0	0	17.1	10.1
PT101	1	21		0	5.4	0	0	0.3	16.3	2.1	0.2	8.1	0.7	0.3	1.4	0	18.1	14.3	0	1.5	3.3	1.2	12.6	2.8	0	20.8	0	15.4	18.5
PT101	1	22		0	15.2	0	0	7	0.8	0.3	0.2	4.8	23.1	7	0	5.9	0.4	9.1	0	0	6.7	19.5	22.1	13.3	10.7	21.6	0.1	2.4	11.5
PT101	1	23		0	1.6	0.7	0	0.8	17.5	0	2.6	7.6	1.4	38	1.1	1.1	0	4.9	0	9.7	8.1	10.4	13.5	4.7	7.7	7.7	2.8	3.7	6.5
PT101	1	24		0.2	6.7	13.4	1.9	15.6	2.7	0	7.4	0.7	23.9	11.1	18.7	10.4	1.5	30.9	1.2	2.2	18.6	T	6.1	5.7	0	29.4	0	0.1	3.7
PT101	1	25		25.2	5.3	0	1.7	5.4	10.3	0	2.4	6.1	0	5	9.7	1.8	0.2	5.5	0.2	8.6	4.5	2.2	34.1	3.9	T	0.1	0.3	1.1	0.9
PT101	1	26		12.4	6.6	0	7	4	0.6	0.7	2	25.3	0.4	12.5	3	23.4	3.1	0.4	0	36.2	0	4.4	T	2.7	0.1	4.1	T	0.1	1.6
PT101	1	27		10	6.7	0	0	0.1	2.3	3.1	0	17	1.8	5.6	16.8	7.1	12.3	0	0	13.2	0	13.5	0.4	26.4	0	9.7	0	0.2	8.2

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0	9.2	0.8	3.2	0.2	6.6	T	6.6	1.7	0	7.5	2.7	13.1	15.7	0	6.1	3.8	11.9	T	5.1	12.4	10.8	0	0	3.8	0	0	0.8	0	
0	25	5.5	13.7	0	3.8	0	14.9	0.6	0	13.8	6.2	9.7	0	0	4.7	7.3	9.4	0	4.2	11.3	26.2	4	0	6.6	0	0	13.9	0	
0	16	1.8	2.2	11.8	T	8.9	5.2	2.3	8	32.1	0.3	5.2	4.1	2.8	0	19.8	6.3	8.3	26.3	9.5	2.8	0.9	0	7.2	0.4	1.3	8.3	0	
0	16.3	0	2.4	0	0	8	0.3	1.2	0	18.4	0	0	14.6	T	0	14.5	0.9	4.5	9.8	0.6	0	13.3	0	19.8	12	12.4	T	0.6	
T	2	10.4	0	7.3	0	14.7	0	1.5	2.4	3.2	0	0.5	12.4	3.6	0	26.1	0	6.1	6	12.9	0	0.2	1.7	21.2	4.9	2	0.4	7.1	
T	1.2	8.7	0	3.3	0	13	0	0	7.3	1.6	0	1.5	7.2	T	0	4.7	0	2.3	21.5	8.3	0	6.3	T	0.8	0	5	1.4	0.8	
8.8	1.4	10.4	0	11.4	0	9.9	0	0	1.7	0	0	0.4	3.7	0	2	1.1	11.8	0	5.3	2	0	0	2.9	4.3	0	2.8	11.8	1.2	
2.8	T	11.8	0	13.3	0	5.8	0	T	5.9	6.6	0	9	0	0	5.9	11.4	3.4	T	12.6	0.1	0	12.5	3.9	8.1	2.2	4.3	2.3	0	
29.8	3	0.5	T	4.5	2.1	19.4	0	0.5	8.7	3.5	0	7.6	4.3	0	14.9	0.7	6.5	0	13.5	0.9	5	1.4	18.9	5.1	0	3.1	2.1	0	
22.6	8	0	0	4.2	T	16.5	0.7	0.9	6.7	0.6	1.6	7.1	12.8	0	19.7	0.7	14.7	0.4	11	T	1.8	4.5	3.2	0	10.2	11.9	5.9	0	
8.4	1.6	0	0	T	T	19	0	1.2	26.6	3.4	0	6.7	9.4	8.7	11.8	13.8	4.9	8.1	8	5.1	27	17.9	9.5	0	8.9	0	9.1	6	
7.2	11.2	T	0	2.9	0	0	7.3	17.1	11.4	2.7	6.8	14.1	2.6	14	0	4.9	8.5	20	22	0.3	0.5	11.5	6.9	0	0	5.4	0	1.2	
4.1	15.4	26.8	0	0	9.4	0	7.4	5.7	0.5	2.1	2.1	18	1.7	0.4	5.2	0.6	7.6	18.3	7.8	11.6	2.1	15.6	0.9	0	9.3	0.6	0	0	
13.3	11.8	4.3	0	0	14.4	0	T	0.3	0.7	0	0	3.6	27.8	0.7	0	0.2	0	3.2	12.4	13.2	0.8	20	4.5	0	1.1	0.4	0	0	
23.7	T	0.8	0	6.1	7.7	0	2.3	1.8	9.9	0	0	7.5	1.1	9.3	1.3	1.1	0	12.2	11.6	11.1	9.6	26.9	2.9	0	17.4	30.8	0	0.3	
0.8	5.4	2.1	15.8	4.7	1.8	5.4	5.3	12.9	12.3	0	0	18.4	4.4	1.3	4.7	2.1	0	14.1	0	0	0	13.7	0.5	0.5	2.7	0	0	0	
5.6	6	T	6.8	6.2	13	16.7	4.4	28.9	0	0	1.2	0	9.9	4	0	4.1	0	0.8	0	13.6	0	5.7	9.6	11.3	7	3.9	0.6	4.5	
7.6	10.8	10.8	15.3	3.2	8.9	10.5	3.8	0.3	0.4	2	2.1	0.2	0.1	3.6	2.4	4.7	20.8	4.3	T	0.2	1.3	10.4	0	T	1.2	19.9	0	4.3	
29.8	T	8.5	34.2	1.5	16.4	3.4	2.1	0.8	10.7	11.5	0	0.9	20.4	0.8	6.8	1.5	16.6	0	0.3	22.6	3.6	0.2	0	2.9	3.3	5.3	4.1	6.8	
0	0.3	5.8	9	9.4	21.2	9.4	5.3	7.1	5.3	T	1.5	1.3	13.7	12.5	0	0.2	5	8.5	0.2	4.3	2.3	0	0.8	18	7.5	0.8	2.2	0.2	
10.1	1.6	15.8	2.4	5	17	27.9	2.5	14.7	4.9	22.3	18.8	0.5	5.7	12.1	0	9.3	0	7.1	0	1	T	5	1	18.2	T	0.2	4.7	0	
9.2	11.3	17.2	10.4	0.9	7.9	28.1	T	12.3	28.3	4	1.1	2.5	0.9	0.9	0	1.7	0	12	4.9	1.5	0	10.8	8.4	1.8	0	11.5	0.8	0	
40.6	T	1.2	9.4	0	5.5	9.8	5.6	30.9	31.4	0.6	1.6	16.3	15.3	0.2	10.7	8.1	0	29.3	0.5	11.1	8.4	3.7	11.8	0	0	0	1.1	0	
10.9	0	0	1.5	0	6.7	4.2	8.8	0.8	21.7	11.1	2	15.9	3.5	16.3	2.6	0	0	8.5	0	34.3	0	3.3	29.2	8	0.4	0	2.7	0.2	
3.4	6.1	24.6	13	0	17.1	9.2	20	11.3	5.7	28.2	4.4	8	6.7	14.8	14.6	19	0.3	2.4	0	7.7	4.5	0	21.5	7.2	1.5	0	0.8	T	
0.6	4.6	0	5.9	0	15.8	14.9	12.5	3.9	8.9	15.6	14.4	1.7	9.1	5.3	2.1	5.4	0	23	0	0	0.8	0	22.1	19.1	4.2	0	3.9	4.9	
9.8	1.7	1	0.3	0.5	4.5	22.1	5.1	0	2	13.1	19.7	23.3	20.1	8.8	6.7	2.2	0	34.3	0.3	6.2	4.5	16.4	19.7	0	0	0	15.3		

ANEXO N° 33

Información meteorológica de la estación La Angostura proporcionada por SENAMHI

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: CAYLLOMA/000753/DZ06

ALT: 4327 MSNM

LONG: 71° 46' 12.69"

LAT: 15° 11' 19.78"

DPTO: AREQUIPA

HR101 HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA (%)

PT101 PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)

TM102 TEMPERATURA MAXIMA DIARIA (°C)

TM103 TEMPERATURA MINIMA DIARIA (°C)

Variable	Mes	Día	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
PT101	1	1		0	7.9	0	2.9	0.6	10.4	3.5	2.5	10.3	2.2	19.2	4.7	13	1.9	0.6	2.3	31						
PT101	1	2		10	0.5	0.4	5.4	0	0	6	2.3	6.7	1	5.1	13.6	13.5	0	6.2	2.3	12.2						
PT101	1	3		11.8	3.7	14	1	0	1.7	3.5	6.1	7	T	14.1	22.5	21.6	0	0.8	3.3	15.7						
PT101	1	4		0.6	29	0	18.5	0.2	0	7.3	0.5	1.4	1.2	0.3	20.4	4.4	0.5	0	0	1.8						
PT101	1	5		0	10.2	28.7	0	0	0	20.5	1.5	0.5	0	2.3	T	4.6	0	1.7	0	23.4						
PT101	1	6		8	1.6	6.8	2.2	0	0	16.3	3	7.6	0	7.5	13.6	11.1	16.4	10.1	0.2	9.6						
PT101	1	7		11.7	1	6.2	0	0	0	8	3.6	24.3	0	18.6	3.9	8	7.7	0.6	0	7.3						
PT101	1	8		1.1	10.3	8	0	0	0	1.2	2.5	6.6	T	0	5.9	30.6	5.8	0	3.2	5						
PT101	1	9		17.2	30.8	6.8	7.1	0	2.8	35	1.6	3.2	0.4	0	5.4	0.4	1.2	0.2	3.7	0						
PT101	1	10		8.4	0.1	0.2	2.6	0	1.3	13.4	1	4.9	3.1	T	4.2	11.6	3.9	16.4	1	0						
PT101	1	11		0.4	0	0.2	0	0	5.5	5.7	0.5	5	3.4	0.3	20	3.6	11.1	2.2	11.5	9.9						
PT101	1	12		29.6	1.3	2.5	0	0	4.4	8	0	5	4.4	7.5	20.6	15.5	3	0	2	1.3						
PT101	1	13		13	15.8	0.1	9.2	0.5	18.2	2.6	16.9	4.5	17.1	0	8.3	0.3	12.9	1.7	7.2	0						
PT101	1	14		23	13.9	0	1.1	0	0.9	7	2.6	0	5.6	13.2	3.4	9.8	0	3.6	5.9	2.7						
PT101	1	15		1.4	2.6	0	0	4.2	0	7.5	5.3	0	1.3	44.3	3	5.3	0.6	3.6	8.6	0.4						
PT101	1	16		13.4	0.1	0	0	0	0	4.3	4.8	6.3	1.2	2.4	22	4.9	21.8	3.5	0	3.1						
PT101	1	17		0	28.6	0	0.6	11.5	0	16.7	0	9.3	5.1	1.2	0.7	6.8	3	4.8	1.4	3.7						
PT101	1	18		0	9.6	0	0.1	2.2	0	7.2	0.8	7.4	2.7	1.3	7.1	5.3	14.1	15.7	0	1.7						
PT101	1	19		0	6.4	0	7.1	22.5	0	14.1	0	3.8	16.4	6.4	13.2	10.6	4.9	8.6	1.2	2.2						
PT101	1	20		0	9.9	0	0	1.5	0	23.5	0	2.4	6.1	2.4	5.4	11.6	10.7	25	0	9.2						
PT101	1	21		9.2	3.2	0	0	6	16	3	1.2	6	0.6	1.3	3.4	0.5	15	18.5	0	2.2						
PT101	1	22		0.5	5.3	0	1.1	0.5	1.5	1.6	2	7.6	11.5	10.2	0	4	1	10.9	0	1.9						
PT101	1	23		0	4	9.4	0	0.5	6.5	0	1.3	8	0.3	30.9	0.4	6.4	0.7	3.2	0	7.7						
PT101	1	24		7.8	7.4	0	0	14.2	5	0	8.8	3.8	19.6	5.7	10.3	14.9	1	6.2	0	0.9						
PT101	1	25		16.7	8.4	0	2.8	2	11	0	1	10.9	0	7.4	2.9	3.9	3.7	4.4	0	17.6						
PT101	1	26		13.6	6.1	0	7.2	1.8	1.2	0.8	3.1	13	0	5	1.5	18.2	4.6	1.6	0	40						
PT101	1	27		14.5	5.5	0	0	2.5	2.7	3	0	19	1.2	4	29.1	5.1	12.4	0	0	4.4						
PT101	1	28		1.7	0.2	1.3	2.5	1.5	0.2	5.3	13	4.1	1.1	0	1.9	6.7	1.7	0	0	5.2						

1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
							8.9	11.2	11.5	8.2	13.4	3.9	8.4	0	0	9	0	0	0	0	34.9	9.5	3.1	17.6	13.8	0	9.7	16.6
							4.8	4.3	6.3	0	5.8	8.4	14.5	18.6	0	18.3	0	0	12.8	0	6.3	1.4	7.4	18	12.6	0	3.4	10.4
							0	9.4	15.5	11.3	6.9	11.3	2.9	1.6	0	28.6	0.2	9.2	4.7	0	2.1	0	1.7	9.3	13.2	0	0	4.2
							0	28.8	3.5	3.3	9.3	1.5	0	10.1	0	16	19.8	23.5	1.4	2.3	32.2	0	0	0	0	0	5.6	
							0	8.4	0	8.2	23.2	12.1	0	1.3	1.7	18.3	9.1	4.2	9.9	4.2	0.7	1.6	0	0	5	0	5.3	
							0.1	3.7	0	3.3	6.7	16.2	1.2	5.6	0.2	5.7	0	1.9	12.4	1.3	20.5	7.7	0	0	9.7	7	8.2	0
							2.5	5	8.1	0	5.2	2.6	1.2	0	7.9	5	0	3.9	15.3	14.2	0	0	0	0	2.7	5.8	1.7	0
							2.2	9.7	2.1	0	5.2	2.7	2.5	1.8	6.2	5.9	4	4	1.2	0	0	9.5	0	0	7.8	17.2	0.7	3.2
							12.5	0	7.1	0.3	26.2	0	3.2	0.5	14.2	10	0	4.5	0.3	0	15.8	7.3	0	4.8	6.8	14.3	0	0
							13.1	2.3	5.7	0	9.6	0.1	0.9	5.2	0.7	0	5.6	5.6	6.4	0	9.3	8.8	0.8	1	4.3	6.4	0	0
							10	12.4	13.8	1	2	3.1	23	10.1	9.1	0	5.1	0	7.2	2.6	5.8	15.2	0	1.5	8.6	15.7	0	1.5
							0	0.7	4.7	3.9	7.5	1.7	6.8	11.5	15.1	0	2.4	6.8	0	7.1	26.8	0	18.6	3.5	6	1.2	0	0
							0.5	1.1	5.8	7.9	0.4	17.9	4.5	3.2	1.3	0	6.1	3.5	0	0	5.5	0	9.2	8.6	1.4	14.4	0	1.9
							0	0.1	0	1.6	11.1	12.6	2.1	19.1	7.2	0	1	2	0	0	3.6	0	4.9	21.3	7.9	0	5.2	
							13.4	4.2	0	7.5	15	7.9	10.3	30.3	0.2	0	22.5	47.2	0	0	1.3	12.7	2	14.2	2.9	12.4	0	1.2
							6.9	5.2	0	30.5	0	0.2	0	3.8	0	1	2.7	0	0	0	3.5	2.5	30	0.7	0	4.3	0	1.5
							0	3.1	0.7	2.9	0	7.4	0	20.4	0	12.5	13	3.1	0	1.8	3	20.9	5.5	1.6	0	0.1	0.8	5.6
							6.2	10.6	9.3	1.3	1.1	2	1.3	6.2	0	0	2.5	21.2	0	6.1	3.8	8	5.3	3.2	6.9	1.3	0	3.1
							4.5	0.3	9.4	1.4	0.6	13.9	3	0	0.2	2.6	8.8	8	0	14.8	10.4	0.8	4.6	10.1	0	4	2.1	6.4
							0	0	1.8	0.4	0	2.2	1.3	1.7	2.6	17.2	0	6.6	8.2	4.3	0	21.1	21.3	4.1	12.8	1.2	7	8.7
							0	9.9	0	9.3	0	0	0	12.3	12.6	5.2	0.8	0	5.7	0.2	0	12.4	0.7	12.5	8.6	0.9	4.4	2.8
							0	4.8	0	14.4	6.2	0	0	4.6	18.8	2.8	4	6.8	0.7	0	3.9	13.7	12.2	6.6	2.3	3.3	0	24.5
							14.5	35.5	0	22.5	0	25.6	9.4	11.3	13.2	0	0	0	1.7	0	2.4	27.2	20.9	5.3	12.8	19.2	0	17.7
							2.2	0.3	0	14.8	0	19.3	0.5	13.1	24.2	16.3	3.2	0	3	0	15.8	1.8	1.8	0	6.1	6.6	1.7	14.3
							17.8	21.4	0.9	1	0	5.2	1.5	1.6	20.6	11.7	0.8	0	1.2	0.5	13.3	0	0.7	4.4	0	4.1	6.7	11.3
							1.8	0	0	7.1	0	0	2.5	0	18.5	9.1	1.8	0	8.3	5.6	4.9	0	11	0.1	0	19.4	4.7	1.9
							6.3	1.2	0	38.5	0	4.6	0	2.2	20.8	7.5	0	0	7.9	0	4.2	0	3.3	0	0	8.2	15.9	6.4
							1.8	1.6	0.2	11	0	4.7	1.7	1.5	15	20	9.8	0	5.7	0	2.9	0	9.6	0	0	0	14.4	6.4
							1.1	0.4	0.6	18.1	0	9.8	5.5	0	10.3	7.9	0	0	43	0	0.8	0	24.6	0.5	0	0	16.3	0.3

Nota. Debido a la extensión de los datos diarios de la estación de Caylloma, se muestra una parte de la información de precipitación, y dentro del mismo archivo se encuentra la información de temperatura máxima y mínima. Fuente. Obtenido de SENAMHI.

ANEXO N° 34*Información de precipitación mensual de la Estación La Angostura*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	251.30	256.00	67.30	55.70	5.90	0.00	0.00	47.00	32.60	45.30	52.70	113.90
1982	192.70	99.90	198.70	57.70	0.00	0.00	0.00	3.40	64.70	106.80	146.70	50.20
1983	72.30	117.30	81.70	39.00	8.20	1.20	0.80	0.00	23.70	36.30	1.60	55.10
1984	279.30	267.20	329.40	55.20	3.80	7.50	1.20	6.90	0.20	116.00	153.80	190.00
1985	48.80	206.30	126.60	104.70	12.00	16.20	0.00	9.80	21.20	11.00	74.80	177.20
1986	210.30	199.90	222.20	122.20	11.10	0.00	0.00	26.50	17.70	10.70	26.50	207.40
1987	252.60	54.50	35.50	21.90	1.10	2.20	22.90	13.10	0.90	36.90	19.60	40.40
1988	270.90	143.80	211.90	103.10		0.00	0.00	0.00	1.90	18.00	7.30	74.20
1989	194.10	154.80	157.80	43.30		11.40	0.10		0.80			29.60
1990	173.90	56.30	76.00	39.10	17.80	34.80	0.30	7.30	8.70		104.00	182.20
1991	153.30	194.10	167.50	31.70	14.10	24.30	1.10	0.00		25.30	83.10	76.10
1992	96.40	101.40	41.40	3.50	0.00	7.20	1.70	61.10	4.80	34.10	23.10	95.90
1993	236.90	59.60	140.80	98.90	5.80	6.70	0.40	15.20	13.80	45.90	127.30	130.80
1994	296.60	226.10	106.40	43.50	7.80	0.00	0.00	0.00	9.00	8.80	39.60	128.40
1995	131.20	148.70	249.10	38.90	3.90	0.00	0.00	2.20	16.50	16.20		130.50
1996	222.10	258.60	85.00		4.90	3.90	0.00	8.80	11.40		34.40	123.60
1997	244.50	205.30	147.50	20.50	8.20	0.00	0.00	42.70	56.20	9.30	57.30	125.50
1998	222.20		101.10	14.60	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00		43.90	129.10
1999	159.60	247.90	170.20	46.50	8.80	0.00	0.00	0.00	32.10	36.90	19.40	142.30
2000	247.60	233.70	203.10	13.10	19.80	4.10	0.50	17.40	2.90	85.90	25.00	116.40
2001	311.00	307.60	211.40	91.90	17.60	0.10	18.00	7.70	9.70	10.20	9.20	81.90
2002	143.80	251.10	177.30	90.60	10.10	5.60	16.70	0.00	18.20	52.10	100.80	111.00
2003	133.70	174.00	221.60	42.20	9.10	4.50	0.00	2.30	17.40	18.60	39.30	133.60
2004	179.80	143.30	104.60	56.80	1.80	3.50	23.90	18.00	10.90	8.90	14.30	54.30
2005	129.20	197.60	163.70	74.40	0.20	0.00	0.00	0.40	7.60	14.70	22.50	194.50
2006	270.80	159.30	206.50	58.10	1.30	4.90	0.00	0.80	18.60	63.10	93.10	105.90
2007	193.30	151.40	160.90	36.10	11.20	0.00	3.10	0.00	13.20	18.70	69.50	134.30
2008	222.10	148.90	85.10	2.40	0.90	0.00	0.80	0.00	0.00	36.00	8.10	147.90
2009	125.70	171.20	130.50	74.10	10.90	0.00	17.40	0.00	12.00	15.60	70.00	62.80
2010	235.00	166.10	81.50	43.50	5.90	0.00	0.40	0.00	2.50	27.10	2.60	134.50
2011	240.20	275.70	125.60	73.70	4.50	0.00	3.50	6.80	11.40	10.40	33.40	144.70
2012	204.00	302.00	133.40	79.50	2.30	2.80	0.30	0.00	36.40	11.70	20.60	241.00
2013	154.10	198.90	140.20	1.70	9.50	16.00	2.40	13.30	0.20	57.40	37.00	122.90
2014	131.10	71.40	129.80	47.20	1.60	0.00	10.30	3.30	75.20	13.40	37.30	38.50
2015	145.30	256.10	125.90	54.90	6.20	0.00	8.40	18.00	36.80	20.40	46.70	75.20
2016	44.90	253.90	90.40	60.40	4.80	9.60	3.80	2.40				

ANEXO N° 35*Información de precipitación mensual del Producto PISCO - Estación La Angostura*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	249.54	257.32	70.66	60.56	3.96	0.00	0.00	24.64	24.64	36.96	49.43	111.64
1982	190.25	95.90	177.47	51.69	0.02	0.00	0.00	3.44	62.47	90.67	137.70	51.64
1983	76.71	106.77	79.14	39.12	7.79	1.20	0.09	0.00	23.61	24.87	3.16	52.61
1984	276.46	286.35	299.53	40.57	3.71	6.18	0.71	6.95	0.11	104.37	151.69	170.77
1985	42.39	224.28	129.33	91.16	12.55	15.66	0.00	0.99	20.04	1.66	74.19	163.64
1986	202.44	206.41	223.37	109.74	9.69	0.00	0.02	16.66	19.50	8.70	26.65	191.08
1987	250.75	60.87	37.47	23.68	1.39	1.76	14.96	2.39	1.51	36.64	22.90	39.32
1988	273.27	144.39	187.22	98.53		0.00	0.00	0.01	2.70	12.44	6.49	81.93
1989	194.56	158.67	158.73	54.41		3.44	0.01		1.05			23.74
1990	167.71	56.33	81.23	38.62	13.42	26.08	0.02	5.68	8.41		100.46	176.13
1991	144.59	166.88	172.86	26.92	9.67	17.95	0.71	0.01		25.42	66.44	65.79
1992	90.72	97.12	39.80	3.98	0.01	1.87	1.33	9.81	3.55	24.43	25.42	93.84
1993	237.93	54.87	123.51	63.09	5.97	0.67	0.11	11.60	13.62	44.67	80.71	130.18
1994	304.10	221.72	105.27	49.25	7.38	0.00	0.00	0.01	6.77	7.02	37.19	112.23
1995	141.43	146.19	238.01	36.17	3.67	0.01	0.00	1.61	15.96	13.39		121.56
1996	209.24	262.81	84.42		6.45	0.33	0.00	6.54	12.25		35.88	123.61
1997	213.66	202.13	129.75	24.46	8.35	0.00	0.00	27.57	53.79	11.50	59.93	127.84
1998	236.99		94.72	17.88	0.00	1.50	0.00	0.01	0.01		50.06	124.96
1999	163.61	248.10	183.15	54.16	7.03	0.01	0.00	0.00	32.81	42.80	18.24	125.63
2000	245.37	236.16	189.10	14.29	16.87	4.25	0.27	3.29	3.29	76.71	16.40	119.31
2001	305.05	307.33	210.94	86.51	16.74	0.13	9.66	5.68	10.16	10.71	8.61	75.05
2002	138.57	272.15	169.45	92.35	11.93	4.61	12.96	0.02	18.06	51.37	96.97	109.32
2003	146.48	173.07	210.25	40.27	7.32	3.72	0.00	2.48	16.80	12.95	33.86	130.63
2004	232.69	159.85	104.14	51.11	1.52	2.42	14.02	13.12	13.30	9.02	14.00	59.53
2005	131.84	187.48	143.71	65.19	0.07	0.00	0.00	0.28	7.90	17.35	26.60	184.55
2006	258.72	171.98	208.36	57.15	1.76	0.63	0.00	1.37	19.03	48.49	85.84	104.57
2007	184.95	155.00	166.64	38.12	9.95	0.00	2.22	0.00	13.82	18.18	61.21	114.22
2008	233.01	153.58	88.00	3.06	1.38	0.01	0.35	0.03	0.08	34.24	9.84	138.51
2009	127.44	183.77	123.62	74.68	9.21	0.00	8.12	0.01	12.58	14.49	69.25	67.57
2010	235.05	175.10	84.47	42.83	5.94	0.01	0.11	0.00	3.21	28.12	3.58	129.77
2011	239.48	277.12	132.21	76.51	6.04	0.00	3.23	5.16	12.15	10.46	31.57	143.19
2012	223.49	303.61	132.49	79.89	3.11	2.39	0.12	0.00	33.94	14.54	23.49	228.70
2013	162.98	208.84	139.65	3.60	9.36	13.46	1.86	11.58	0.14	50.48	34.11	118.93
2014	154.10	73.94	128.49	51.69	2.67	0.00	6.71	3.70	72.69	17.20	31.08	39.69
2015	166.18	247.04	136.65	61.93	4.14	0.05	7.04	13.74	26.31	21.86	45.67	67.63
2016	55.03	254.51	85.09	61.69	4.52	7.19	3.04	5.26				

ANEXO N° 36*Información de temperatura máxima mensual de la Estación La Angostura*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	13.59	12.86	14.16	12.84	14.06	13.42	13.83	10.81	13.05	14.88	17.34	15.43
1982	13.45	14.63	13.68	13.01	14.04	13.2	13.76	13.55	13.18	15.01	13.96	16.57
1983	17.47	16.21	16.95	16.07	15.88	13.83	15.03	15.36	15.19	16.28	18.07	15.72
1984	12.43	11.95	12.74	13.44	13.59	12.29	13.2	13.2	15.04	14.93	14.55	13.63
1985	14.59	12.62	13.79	12.85	12.5	10.96	12.14	13.97	14.25	16.88	14.87	14.45
1986	13.57	12.83	12.57	12.79	12.68	13.78	12.19	12.95	13.64	16.2	17.01	15.32
1987	13.87	15.69	15.65	15.72	14.59	13.21	12.17	14.77	16.25	16.32	17.37	17.59
1988	14.37	14.68	13.47	13.18	13.9	13.9	13.48	16.21	16.2	16.69	17.79	15.33
1989	13.21	13.31	13.01	12.94	12.85	12.71	12.42	12.5	15.71	16.54	15.89	17.51
1990	13.66	14.41	14.55	14.27	14.3	11.21	13.28	13.92	15.27	15.58	15.05	13.95
1991	15.13	14.76	14.02	14.14	14.41	12.53	13.24	15.06	14.93	16.72	15.61	15.34
1992	14.5	15.63	16.06	16.59	16.5	13.17	12.85	12.48	15.66	15.37	15.85	16.39
1993	13.17	14.55	13.34	13.46	13.85	14.05	13.54	13.3	15.15	15.21	15.58	16.01
1994	13.84	13.75	14.35	14.36	14.66	13.64	13.97	14.84	15.49	18.48	16.88	16.62
1995	16.12	15.78	13.97	14.91	15.05	14.97	15.23	16.7	17.06	17.94	16.69	
1996					14.16	13.49	13.97	14.37	16.23	17.5	15.98	14.44
1997	13.24	12.75	13.29	13.07	13.85	14.31	14.29	12.17	14.91	17.11	16.85	16.74
1998	15.4	16.26	16.31	16.25	16.04	14.01	14.85	15.85	16.95	16.99	16.92	16.79
1999	15.18	12.61	12.9	12.72	14.03	13.82	12.93	14.64	15.01	14.37	16.81	16.04
2000	12.75	12.78	13.14	14.16	14.23	13.18	13.12	14.17	16.57	13.88	17.48	15
2001	12.51	12.86	12.98	13.07	13.44	13.01	12.85	13.49	15.71	16.83	18.35	16.02
2002	16.04	13.3	13.2	12.88	13.48	13.71	11.06	13.82	14.54	15.6	16.32	15.24
2003	14.83	14.38	13.56	13.7	13.92	14.15	13.76	14.26	14.6	17.51	17.54	16.71
2004	13.3	14.61	14.57	14.34	14.81	13.01	11.55	12.81	15.25	17.27	18.04	16.82
2005	15.32	13.51	14.72	14.33	15.25	14.61	15.32	15.72	15.4	16.79	17.9	15.9
2006	13.55	15.3	14.7	14.49	14.78	14.14	14.53	15.38	16.02	17.19	16.21	17.05
2007	15.2	14.97	13.82	14.42	14.55	14.82	14.02	16.41	15.08	17.54	17.65	15.94
2008	13.61	14.15	14.51	15.75	15.02	14.8	14.71	16.12	17.2	16.86	18.49	15.8
2009	14.77	14.45	14.48	14.83	14.72	14.8	14.04	15.53	16.98	18.52	17.26	16.9
2010	14.98	15.36	15.82	15.79	15.38	15.64	16.01	16.76	17.67	17.08	19.14	15.75
2011	15.32	13.51	14.52	14.73	14.74	14.58	13.85	15.7	16.06	17.74	18.81	15.37
2012	13.92	13.26	13.8	14.3	14.78	14.22	14.71	15.75	17.14	17.7	18.46	14.67
2013	14.71	14.95	15.52	16.17	15.46	13.14	13.71	14.7	16.89	16.17	18.22	15.6
2014	14.56	15.77	14.97	14.78	15.2	16.04	14.05	14.88	15.06	16.17	17.76	17.51
2015	14.53	14.56	14.36	13.32	14.45	15.73	14.77	15	16.28	16.64	18.16	16.5
2016	18.02	15.72	17.06	14.87	15.85	14.92	14.81	15.85	17.76	17.33		

ANEXO N° 37*Información de temperatura máxima mensual del Producto PISCO - Estación La Angostura*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	13.76	13.42	14.09	12.98	14.04	13.37	13.78	11.93	13.36	15.39	17.07	15.57
1982	13.33	14.44	13.62	13.51	14.13	13.3	13.99	13.93	13.99	15.35	15.34	16.46
1983	17.21	16	16.52	15.53	15.48	13.85	14.67	15.01	15.09	16.63	17.67	15.71
1984	12.1	12.42	13.07	13.41	14.17	12.84	13.15	13.56	15.62	15.17	15.19	14.43
1985	13.99	12.85	14.14	12.87	13.61	12.33	12.61	14.25	14.78	17.01	15.09	14.31
1986	13.48	12.46	12.96	13.06	12.97	13.69	12.4	13.51	14.88	16.56	16.96	15.26
1987	13.79	15.38	15.28	14.95	14.67	13.4	13.33	15.14	16.56	16.73	17.05	17.05
1988	14.34	14.98	13.71	13.43	13.9	13.77	13.58	15.73	15.79	16.94	17.42	15.22
1989	13.39	13.1	12.76	12.92	13.61	13.08	12.95	13.12	15.73	16.64	16.44	17.22
1990	13.94	14.56	14.8	14.44	14.52	11.85	13.06	13.92	15.48	15.91	16.19	15.05
1991	15.06	14.85	13.84	14	14.55	13.26	13.44	14.82	14.88	16.52	16.04	15.52
1992	14.33	15.03	15.52	15.49	15.77	13.16	13.07	12.68	15.4	15.71	16.1	16.03
1993	13.39	14.1	13.46	13.66	14.01	13.92	13.5	13.44	15.18	15.68	15.89	15.59
1994	13.63	13.64	13.74	13.46	14.22	13.25	13.8	14.61	15.81	17.39	16.75	16.03
1995	15.23	15.14	13.5	14.68	15.12	13.98	14.66	16.14	16.21	17.75	16.91	
1996					14.12	13.53	13.91	14.12	16.15	17.51	16.24	15.03
1997	13.22	12.98	13.46	13.15	13.84	13.87	14.35	12.57	15.35	17.23	16.8	17.19
1998	15.88	16.53	16.4	16.34	16.07	14.04	14.78	15.46	16.75	16.95	16.76	16.56
1999	15.03	12.62	12.75	12.87	13.99	13.66	13.04	14.63	15	14.78	16.97	15.94
2000	12.87	12.76	13.37	14.29	14.53	13.14	13.13	14.23	16.42	14.48	17.68	15.3
2001	12.65	13.08	13.27	13.29	13.78	13.43	13.16	13.6	15.65	17.05	17.86	16.51
2002	15.72	13.37	13.64	13.03	13.66	13.44	11.51	13.78	15.06	15.85	16.37	15.9
2003	14.87	14.61	13.79	13.93	14.07	13.83	13.66	14.14	15.02	17.64	17.78	16.64
2004	13.64	14.51	14.83	14.27	14.82	13.14	12.33	13.02	15.25	17.16	17.95	16.75
2005	15.3	14.11	14.99	14.86	15.31	14.29	14.57	15.17	15.08	16.33	17.26	15.93
2006	13.65	15.03	14.29	14.02	14.56	13.67	14.19	14.89	16.05	17.12	16.17	16.76
2007	15.5	14.94	13.66	14.13	14.46	14.68	13.46	15.47	14.83	17.04	17.34	16.16
2008	13.5	14.29	14.26	15.03	14.61	14.64	14.41	15.62	16.87	16.86	18.21	15.54
2009	14.78	14.32	14.42	14.51	14.73	14.77	13.91	15.36	16.66	18.25	17.26	16.57
2010	14.99	15.57	15.84	15.5	15.23	15.31	15.45	16.33	17.32	17.26	18.61	15.53
2011	15.17	13.19	14.11	14.28	14.79	14.38	13.78	15.4	15.77	17.38	18.39	15.39
2012	14.08	13.23	14.04	13.58	14.61	13.92	14.65	15.38	16.72	17.65	18.15	14.95
2013	14.71	14.67	15.25	15.73	15.12	13.28	13.81	14.64	16.73	16.81	18.08	15.51
2014	14.81	15.64	15.22	14.7	14.94	15.69	14.28	14.71	15.14	16.56	17.94	17
2015	14.52	14.6	14.49	13.4	14.42	15.35	14.68	14.96	16.34	16.96	18.11	16.96
2016	17.35	15.87	17.22	15.16	15.74	14.77	14.67	15.36	17.34	17.06		

ANEXO N° 38*Información de temperatura mínima mensual de la Estación La Angostura*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	0.47	1.17	0.03	-2.1	-6.44	-10.94	-10.49	-5.95	-6.01	-2.59	-1.99	0.06
1982	1.03	0.21	0.55	-2.21	-8.56	-9.69	-9.75	-7.87	-3.51	-1.82	0.52	-1.67
1983	-0.27	-0.38	-0.28	-0.99	-6.13	-8.99	-10.12	-6.95	-4.55	-4.7	-6.34	-1.68
1984	1.08	1.24	1.45	-0.58	-4.32	-6.73	-9.35	-7.15	-8.47	-0.89	-0.98	0.18
1985	-0.46	1.74	0.93	0.54	-2.75	-4.89	-9.72	-7.39	-4.07	-5.63	-2.31	-0.23
1986	0.85	1.24	0.95	0.49	-6.27	-8.37	-10.02	-7.58	-4.37	-5.41	-4.62	0.26
1987	2.02	-0.05	-0.7	-2.91	-5.72	-8.72	-7.77	-7.51	-7.45	-3.45	-1.88	-1.1
1988	1.58	0.79	1.17	0.63	-3.62	-8.89	-8.75	-8.55	-5.27	-4.75	-4.79	-0.7
1989	1.16	0.79	1.08	-0.13	-3.33	-5.85	-8.4	-6.66	-6.04	-3.9	-4.73	-3.32
1990	0.21	-0.96	-0.87	-1.91	-5.57	-5.14	-9.28	-7.62	-6.81	-1.96	0.19	0.5
1991	0.72	1.06	1.23	-0.79	-5.35	-8.39	-9.57	-8.43	-6.11	-4.76	-3.11	-2.05
1992	0	-0.85	-2.11	-4.47	-7.84	-7.59	-9.7	-7.17	-7.3	-3.86	-3.63	-1.56
1993	0.02	-1.11	0.72	-0.02	-4.77	-8.77	-8.91	-7.59	-6.12	-2.68	-0.55	0.99
1994	0.57	0.56	0.68	-0.66	-5.03	-9.09	-9.83	-8.29	-5.87	-6.04	-2.44	-0.15
1995	0.99	-0.36	0.37	-2.34	-6.85	-9.22	-9.12	-7.96	-5.49	-4.66	-2.5	-2.43
1996	0.39	0.83	-0.34	0.89	-3.98	-8.63	-9.9	-6.15	-6.57	-4.66	-2.97	0.53
1997	1.06	1.19	0.45	-1.83	-5.45	-10.2	-8.74	-5.34	-2.93	-2.76	-1.48	-0.11
1998	2.45	3.17	1.44	-1.41	-7.49	-7.13	-8.64	-7.42	-6.62	-3.86	-2.96	-1.25
1999	0.24	1.32	2.24	0.28	-3.9	-8.4	-8.1	-7.33	-5.58	-0.57	-4.91	-1.25
2000	1.45	1.38	1.01	-0.67	-4.19	-7.53	-8.58	-6.13	-6.24	-2.25	-4.74	-0.72
2001	1.5	1.65	1.65	-0.25	-3.75	-6.01	-7.35	-6.78	-4.73	-3.44	-3.1	-1.81
2002	-0.11	2.56	1.69	0.42	-2.65	-5.22	-5.44	-6.4	-3.56	-1.52	-0.91	0.46
2003	1.65	2.05	1.5	-0.29	-4.01	-8.62	-7.65	-7.59	-5.7	-5.44	-3.16	-0.65
2004	1.57	1.11	0.43	-0.58	-7.16	-8.22	-6.76	-5.25	-4.19	-4.44	-3.45	-0.42
2005	0.47	1.73	1.29	-0.64	-6.54	-10.48	-8.47	-9.55	-5.73	-3.63	-3.05	-0.17
2006	0.97	1.61	1.46	0.1	-6.28	-8.03	-9.54	-6.53	-6.49	-3.23	-0.29	-0.62
2007	1.06	1.32	1.9	0.5	-3.92	-6.79	-8.08	-7.49	-2.63	-4.11	-3.53	-1.16
2008	1.85	0.92	-0.09	-3.88	-8.34	-8.72	-9.75	-9.18	-7.92	-2.82	-2.71	0.27
2009	0.87	1.81	0.62	-0.81	-5.31	-10.19	-7.97	-9.6	-5.86	-4.31	-0.93	0.67
2010	2.13	2.76	1.69	-0.83	-4.59	-6.59	-9.58	-7.82	-6.48	-4.03	-5.09	0.01
2011	0.33	1.97	1.78	-0.71	-4.15	-7.51	-7.38	-6.49	-4.69	-5.02	-2.88	-0.71
2012	0.52	1.13	0.7	0.68	-5.17	-7.79	-8.87	-8.33	-4.67	-2.63	-2.1	1.5
2013	1.47	1.79	0.85	-3.57	-4.23	-5.73	-6.55	-7.17	-7.06	-3.2	-2.56	0.51
2014	0.61	0.1	0.63	-0.19	-5.25	-8.02	-7.58	-6.29	-1.99	-1.89	-2.73	-0.28
2015	0.54	1.36	1.46	0.97	-3.83	-6.54	-8.18	-6.35	-3.92	-3.26	-2.07	-0.59
2016	0.12	2.48	0.65	-0.33	-5.61	-8.18	-7.03	-7.05	-6.09	-4.51		

ANEXO N° 39*Información de temperatura mínima mensual del Producto PISCO - Estación La Angostura*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	0.82	1.46	0.13	-1.79	-6.45	-10.11	-9.38	-6.55	-6.05	-3.14	-2.37	0.17
1982	1.04	0.69	0.69	-1.85	-7.99	-9.23	-9.06	-7.73	-4.73	-2.79	-0.76	-1.71
1983	-0.03	0.32	0.45	-0.65	-5.77	-8.44	-8.45	-5.79	-4.95	-4.84	-4.83	-0.98
1984	0.88	1.56	1.58	-0.55	-4.86	-6.68	-9.05	-7.96	-7.78	-1.77	-1.29	-0.61
1985	-0.59	1.3	0.66	0.31	-3.6	-6.07	-9.99	-7.55	-4.84	-5.66	-2.56	-0.31
1986	0.96	1.1	1.12	-0.27	-6.72	-8.51	-9.7	-7.83	-5.53	-5.35	-3.45	0.21
1987	2.09	0.09	-0.96	-2.36	-5.48	-8.06	-8.51	-7.58	-6.35	-3.97	-1.4	-1.04
1988	1.7	0.54	1.34	0.11	-3.88	-8.94	-8.95	-8.35	-4.95	-4.99	-4.48	-1.01
1989	0.54	0.56	0.49	-0.42	-4.18	-6.87	-8.98	-7.66	-6.09	-3.68	-4.75	-2.88
1990	0.36	-1.31	-1.24	-2.13	-5.13	-5.94	-9.09	-8	-7.12	-2.49	-0.97	-0.21
1991	0.52	0.39	0.88	-1.36	-5.78	-9.04	-9.93	-8.28	-6.15	-4.11	-3.46	-2.3
1992	-0.01	-0.94	-1.91	-3.2	-6.58	-7.12	-9.08	-7.67	-7.27	-3.97	-3.77	-1.21
1993	0.45	-0.56	0.31	-0.3	-4.84	-8.93	-8.77	-7.34	-5.79	-2.81	-1.45	0.65
1994	1.02	1.09	0.41	-0.2	-4.96	-8.75	-9.25	-8.22	-5.19	-4.78	-2.2	-0.01
1995	0.81	-0.41	0.92	-1.8	-6.34	-8.72	-8.8	-7.69	-5.35	-4.5	-2.77	-2.09
1996	0.42	1.26	0.05	0.26	-4.04	-8.69	-9.49	-6.17	-6.25	-4.33	-2.92	-0.05
1997	1.13	1	-0.04	-2.29	-5.77	-10.29	-8.91	-5.96	-3.74	-3.23	-2.12	-0.05
1998	2.56	2.75	1.46	-0.75	-6.75	-6.37	-8.43	-6.88	-6.51	-3.14	-2.68	-0.91
1999	0.45	1.74	1.83	0.33	-4.02	-8.52	-8.16	-7.13	-5.9	-1.88	-4.5	-0.99
2000	1.53	1.34	0.86	-0.94	-4.54	-7.51	-8.54	-6.21	-6.09	-2.71	-4.61	-0.61
2001	1.49	1.87	1.8	-0.38	-3.99	-6.47	-7.83	-7.37	-4.69	-2.89	-2.53	-1.1
2002	-0.15	2	1.45	0.42	-3.05	-5.61	-6.28	-6.43	-4.23	-1.94	-1.51	0.09
2003	1.44	1.68	1.47	-0.87	-4.15	-8.67	-8.18	-7.17	-6.03	-4.55	-3.49	-0.32
2004	1.47	0.96	0.78	-0.67	-6.55	-8.02	-7.67	-5.92	-4.33	-3.42	-2.68	-0.42
2005	0.69	1.5	0.84	-0.8	-6.41	-10.13	-8.31	-8.9	-5.41	-3.27	-2.81	-0.22
2006	1.06	1.34	1.69	-0.29	-6.41	-7.35	-9.79	-6.37	-6.15	-3.09	-0.97	-0.53
2007	1.35	1.09	1.54	0.17	-3.88	-7.02	-7.97	-7.34	-3.15	-3.68	-3.28	-1.22
2008	1.83	0.4	-0.48	-2.84	-7.63	-8.42	-9.97	-8.77	-7.23	-2.71	-2.68	-0.1
2009	0.73	1.47	0.59	-1.02	-4.89	-9.83	-8.17	-9.42	-5.31	-3.62	-0.69	0.18
2010	1.74	2.27	1.4	-0.56	-3.95	-6.41	-9.58	-7.8	-5.8	-3.58	-4.01	-0.05
2011	0.63	1.93	1.07	-0.62	-4.56	-7.64	-7.64	-6.88	-4.44	-4.14	-2.46	-0.49
2012	0.69	1.17	0.74	0.57	-5.17	-7.75	-8.89	-8.67	-5.34	-2.85	-1.82	1.35
2013	1.26	1.85	0.94	-2.54	-3.71	-6.04	-6.7	-7.15	-6.48	-2.57	-2.48	0.5
2014	0.91	0.31	0.27	-0.49	-5.12	-7.66	-7.4	-6.29	-2.55	-2.02	-2.74	-0.25
2015	0.58	1.38	1.46	1.17	-3.56	-6.86	-8.81	-7.33	-4.38	-3.23	-2.11	-1.02
2016	0.31	2.48	0.49	-0.14	-5.47	-7.72	-7.73	-7.07	-5.67	-3.68		

ANEXO N° 40*Información de precipitación mensual de la Estación Caylloma*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2002				88.4	10.9	3.4	20.2	0	14.8	85.5	90.5	124
2003	137.1	133.5	183.3	32.9	1.5	3.6	0.4	1	12.4	11.2	41	119.6
2004	197.8	187.1	91.5	50.3	0	1.1	22.5	12.4	6.3	8.9	6.8	59.9
2005	111.8	143.8	114.7	47.5	0	0	0	1.5	8.9	18.1	25.1	171
2006	240.4	206.1	265.5	46.4	2.2	0.2	2.4	1.6	15.8	34.8	81.6	76
2007	161.1	145.1	158.2	30.5	7.8	0	1.6	0	9.2	12.7	81.8	102.8
2008	196.9	129.8	77.2	2.2	1.7	0	0	0.6	0.5	35.4	12.9	150
2009	108.2	179.9	99.2	68.9	4.9	0	5.6	0	9.8	12.7	53.2	55.6
2010	223	134	55.9	31.4	4.6	0	2.4	0	5.1	25.9	15.1	107.6
2011	245	256.6	111.4	88.9	6.4	0	6.4	2.6	8.9	12.2	18.8	140.4
2012	240.6	295.2	118.6	77	6.8	2.8	1.2	0	35.8	28.8	17.2	248.3
2013	136.2	202.7	113.9	16.4	11.8	12.2	1.4	12.7	0.3	29	23.4	130.9
2014	116.3	77.8	156	74.7	7	0	7.6	9.4	56.5	26.5	33.6	66.7
2015	167	248.3	177.3	67	6.4	1.1	9	16.3	15.4	31.6	38.1	49
2016	73.1	244.4	73.2	86.4	10.9	10.5	5.9	3.4	2.9	29.8	10.3	87.6

ANEXO N° 41*Información de precipitación mensual del Producto PISCO - Estación Caylloma*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2002				82.57	11.38	2.73	10.68	0.01	14.5	62.39	82.92	111.32
2003	129.67	147.36	185.09	36.36	4.11	2.43	0.09	1.63	12.62	12.71	35.14	113.48
2004	189.88	176.08	101.02	51.18	0.47	1.23	11.13	8.71	9.19	9.39	9.03	64.14
2005	117.3	154.66	119.94	54.16	0.01	0	0	1.02	8.49	21.36	27.36	161.37
2006	217.41	185.64	227.62	53.44	2.15	0.21	0.15	1.59	14.69	43.59	74.35	85.95
2007	153.96	146.36	162.16	35.26	7.58	0	1.64	0	10.35	18.31	61.88	103.04
2008	197.71	140.05	85.63	2.53	1.55	0	0.01	0.3	0.3	36.58	10.8	136.09
2009	115.19	173.83	102.76	68.17	4.99	0	4.76	0	10.51	16.1	55.22	63.27
2010	207.86	148.4	72.5	37.66	4.86	0.01	0.3	0	3.37	29.06	10.04	119.04
2011	208.05	248.6	120.6	79.8	7.6	0	3.37	3.09	9.27	11.25	25.28	136.1
2012	195.24	283.53	130.89	73.49	5.05	1.77	0.9	0.01	28.9	25.12	21.95	215.59
2013	138.13	195.89	128.31	10.03	10.92	7.69	1.32	8.63	0.21	38.5	28.32	120.73
2014	113.3	84.04	140.42	63.56	4.56	0	4.75	5.93	50.42	25.89	29.73	62.24
2015	161.13	227.15	171.26	66.65	6.11	0.09	6.09	9.97	15.49	26.17	40.67	56.72
2016	65.3	228.99	76.26	71.88	6.38	5.33	3.31	1.86	2.59	32.45	15.36	80.15

ANEXO N° 42*Información de temperatura máxima mensual de la Estación Caylloma*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2002								13.52	15.42	15.57	15.72	15.03
2003	14.42	14.14	13.87	13.56	13.69	13.79			13.76	16.61	16.88	16.85
2004	13.52	14.9	14.47	13.88	14.24	12.61	11.1	12.48	14.66	16.93	17.79	17.01
2005	15.19	13.39	15.13	13.98	15.21	14.18	14.74	14.9	14.82	16.28		
2006						14.32	14.34		16			
2007												
2008												
2009												
2010												
2011		15.14	14.54	15.4	15.81	14.67	14.46	15.21	15.65	17.39	18.66	15.89
2012	13.89	13.07	13.88	13.73	14.2	14.06	14	15.36	16.15	17.13	18.08	14.35
2013	14.22	14.22	15.03	15.62	14.94	13.04	13.21	14.16	16.34	16.53	18.3	15.57
2014	14.33	15.47	14.64	13.87	14.46	15.42	13.51	14.44	14.42	15.88	17.49	17.24
2015	14.46	14.07	14.25	13.12	14.29	15.3	14.5	14.48	15.82	16.45	17.85	16.88
2016	18.32	15.58	16.91	15.12	15.08	14.43	14.54	15.57	17.41	16.4	17.8	16.64

ANEXO N° 43*Información de temperatura máxima mensual del Producto PISCO - Estación Caylloma*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2002								14.32	15.86	16.7	17.23	15.88
2003	14.96	14.52	13.84	14	14.71	14.65			16.09	18.27	18.62	16.34
2004	13.76	14.52	15.01	14.26	15.22	13.65	13.01	13.58	15.99	17.43	18.23	16.43
2005	15.14	14.37	15.18	14.94	15.83	14.86	14.95	15.73	15.18	17.06		
2006						14.14	14.86		16.31			
2007												
2008												
2009												
2010												
2011		12.63	13.56	14.01	15.52	14.83	14.12	15.77	16.56	17.34	18.91	15.28
2012	14.12	12.9	14.24	13.04	15.12	14.4	15.19	15.82	17.24	17.97	18.32	14.41
2013	14.64	14.17	14.96	15.46	15.09	13.44	14.26	15.05	17.28	17.53	18.38	15.36
2014	14.65	15.67	15.08	14.55	15.16	16.16	14.89	14.96	15.75	17.36	18.38	16.63
2015	14.6	14.51	14.45	13.03	14.63	15.94	15.21	15.7	17.34	18.03	18.64	16.59
2016	17.17	15.84	17.14	14.88	16.15	15.09	15.25	15.82	17.95	17.33	18.31	16.37

ANEXO N° 44*Información de temperatura mínima mensual de la Estación Caylloma*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2003	1.15	1.33		-0.37	-3.87	-6.66	-6.82	-6.56	-5.22	-4.77	-3.36	-1.11
2004	-0.49	-1.16	-4.4	-1.92	-6.81	-8.69		-5.23	-4.13	-4.79		-0.97
2005	-0.1	0.77	0.29	-0.88	-5.41	-8.56	-6.95	-7.72	-5.02	-2.97	-4.47	-2.43
2006	-1.23	-0.93	-1.1	-2.21	-7.63	-6.98	-7.87	-5.71	-5.5	-2.98	-0.69	-0.21
2007	1.29	1.64	1.96	0.54	-3.65	-5.46	-7.07	-6.35	-2.85	-3.34	-3.26	-0.94
2008	1.6	0.8	-0.4	-3.45	-6.91	-7.01	-8.18	-8.86	-6.84	-2.27	-2.54	-0.46
2009	0.29	1.41	0.14	-0.91	-4.97		-6.23	-7.46	-4.53	-2.93	-0.73	0.15
2010	1.89	2.31	1.35	-0.78	-4.41	-5.36	-7.86	-6.25	-4.71	-3.54	-4.28	-0.57
2011				-0.68	-3.58	-5.93	-5.08	-4.34	-3.57	-3.86	-1.51	0.52
2012	1.09	1.31	1.22	0.85	-3.99	-6.22	-6.95	-6.16	-3.41	-1.41	-0.91	1.45
2013	1.71	1.78	0.9	-2.46	-3.34	-4.56	-5.46	-5.68	-5.39	-2.17	-1.64	0.74
2014	1.18	0.19	0.33	0.1	-3.99	-6.01	-5.84	-4.72	-1.77	-1.44	-1.69	0.4
2015	0.54	1.26	0.97	0.83	-3.15	-5.23	-6.48	-4.75	-3.14	-2.66	-1.39	-0.2
2016	0.41	2.12	1	-0.34	-4.86	-6.81	-5.74	-6.03	-5.17	-3.32	-3.63	-0.42

ANEXO N° 45*Información de temperatura mínima mensual del Producto PISCO - Estación Caylloma*

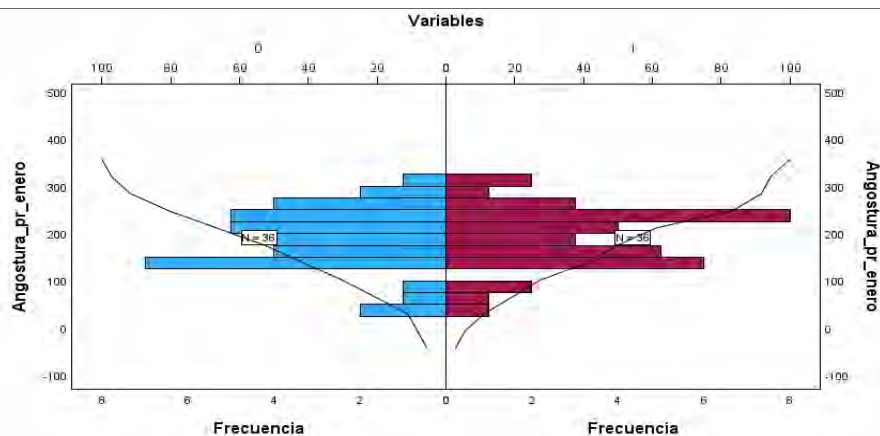
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2003	1.13	1.44		-0.87	-3.33	-7	-7.18	-6.11	-5.8	-3.98	-3.89	-0.4
2004	1.09	0.7	0.65	-0.88	-5.57	-7.08		-5.15	-4.44	-3.22		-0.73
2005	0.51	1.22	0.54	-1	-5.68	-8.33	-7.14	-7.62	-5.19	-3.11	-3.28	-0.13
2006	1.09	1.01	1.54	-0.45	-5.84	-6.17	-8.5	-5.41	-5.76	-3.16	-1.85	-0.77
2007	1.26	0.86	1.37	-0.03	-3.38	-5.88	-6.82	-6.47	-3.61	-3.39	-3.59	-1.15
2008	1.69	0.14	-0.5	-2.63	-6.57	-7.35	-8.77	-7.55	-6.77	-2.55	-2.89	-0.27
2009	0.73	1.21	0.28	-0.89	-4.49		-7.08	-8.01	-5.19	-3.44	-1.07	-0.06
2010	1.48	2.16	1.2	-0.58	-3.4	-5.39	-8.17	-6.54	-5.05	-3.33	-4.16	-0.12
2011				-0.68	-4.1	-6.64	-7.26	-6.01	-4.11	-3.88	-2.65	-0.62
2012	0.59	0.97	0.5	0.28	-4.71	-6.9	-7.86	-7.54	-5.06	-2.78	-2.25	1.04
2013	1.01	1.62	0.76	-2.49	-3.02	-5.09	-5.92	-6.33	-5.8	-2.32	-2.58	0.53
2014	1.02	0.23	0.29	-0.54	-4.52	-6.15	-6.12	-5.31	-2.7	-1.77	-2.95	-0.19
2015	0.54	1.31	0.83	0.79	-3.37	-5.92	-7.85	-6.73	-4.44	-2.93	-2.75	-1.24
2016	0.43	2.39	0.68	-0.22	-4.7	-6.36	-6.82	-5.96	-5.2	-3.04	-4.32	-0.4

ANEXO N° 46

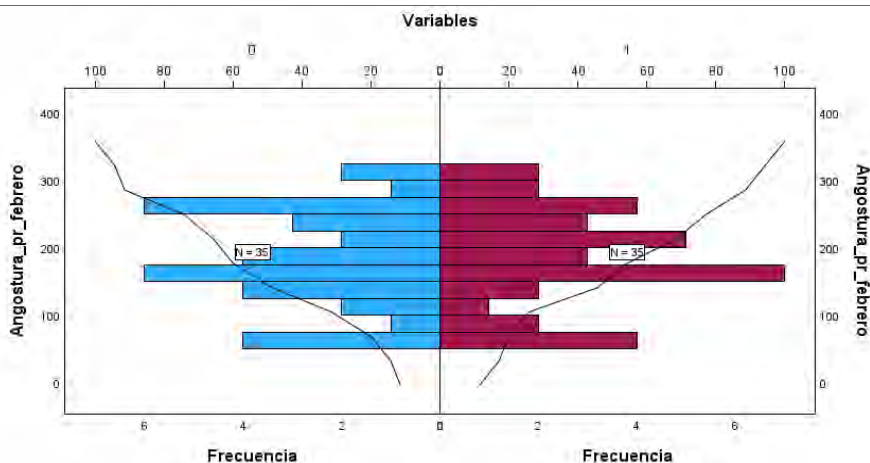
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Enero, febrero y marzo

ESTACION LA ANGOSTURA - PRECIPITACIÓN**ENERO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

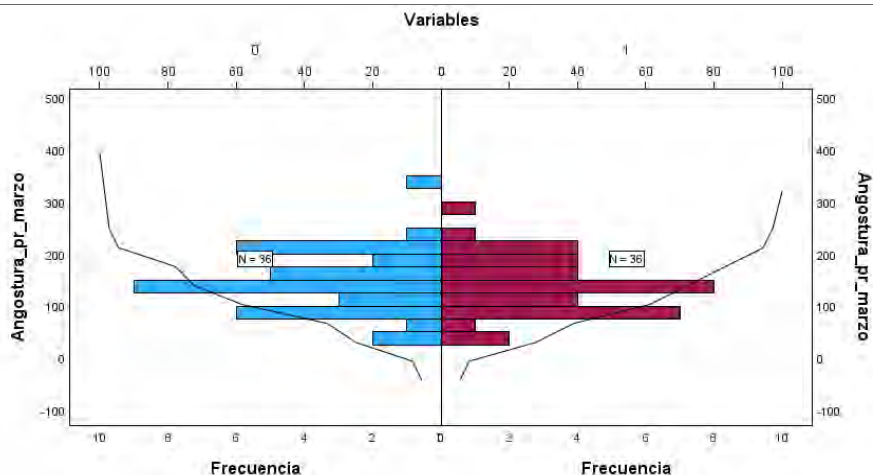
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.083
	Positivo	0.083
	Negativo	-0.056
Estadístico de prueba		0.354
Sig. asintótica (prueba bilateral)		1.000

**FEBRERO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		70
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.086
	Positivo	0.086
	Negativo	-0.057
Estadístico de prueba		0.359
Sig. asintótica (prueba bilateral)		1.000

**MARZO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.083
	Positivo	0.028
	Negativo	-0.083
Estadístico de prueba		0.354
Sig. asintótica (prueba bilateral)		1.000

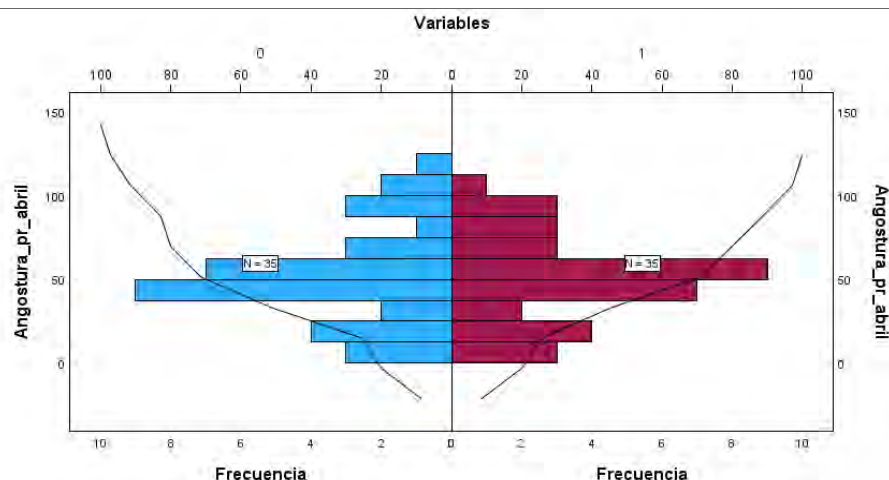


ANEXO N° 47

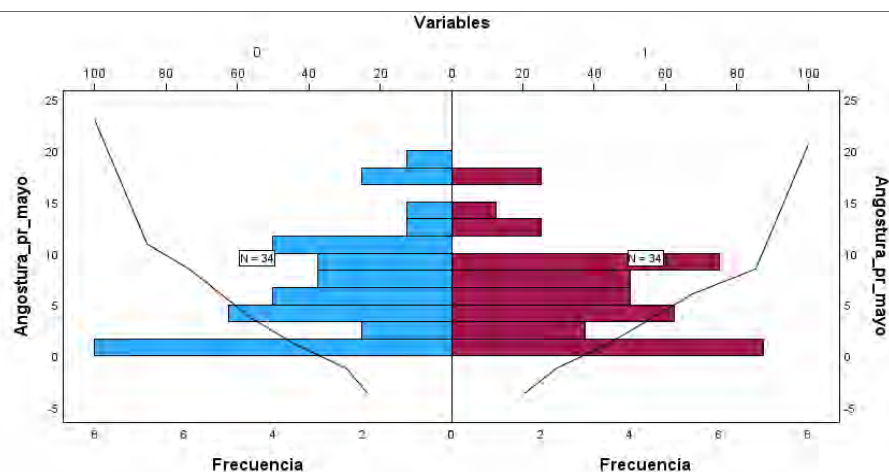
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Abril, mayo y junio

ABRIL
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

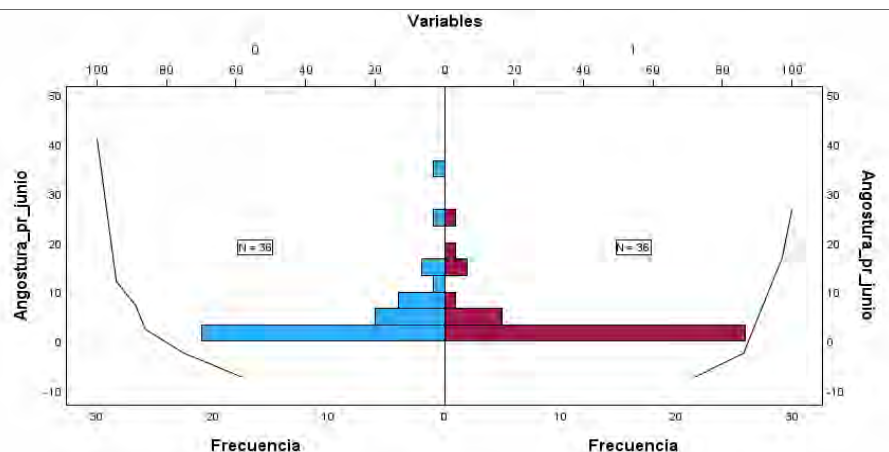
N total		70
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.086
	Positivo	0.086
	Negativo	-0.086
Estadístico de prueba		0.359
Sig. asintótica (prueba bilateral)		1.000

**MAYO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		68
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.118
	Positivo	0.088
	Negativo	-0.118
Estadístico de prueba		0.485
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.973

**JUNIO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.167
	Positivo	0.139
	Negativo	-0.167
Estadístico de prueba		0.707
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.699

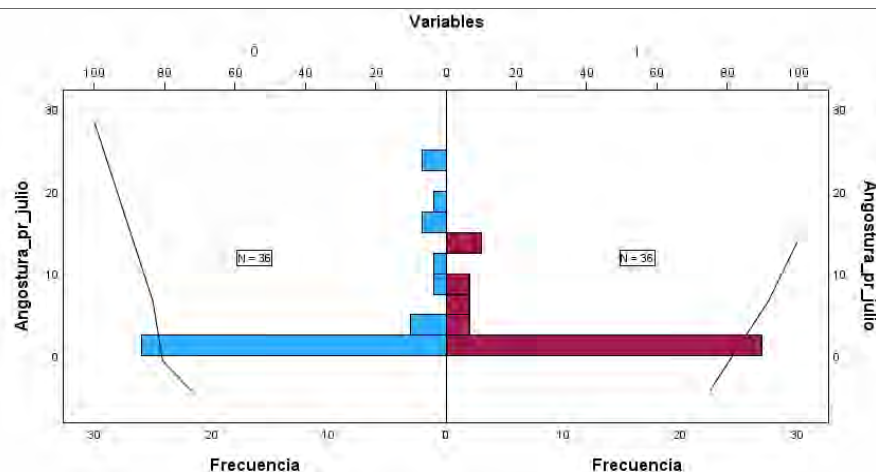


ANEXO N° 48

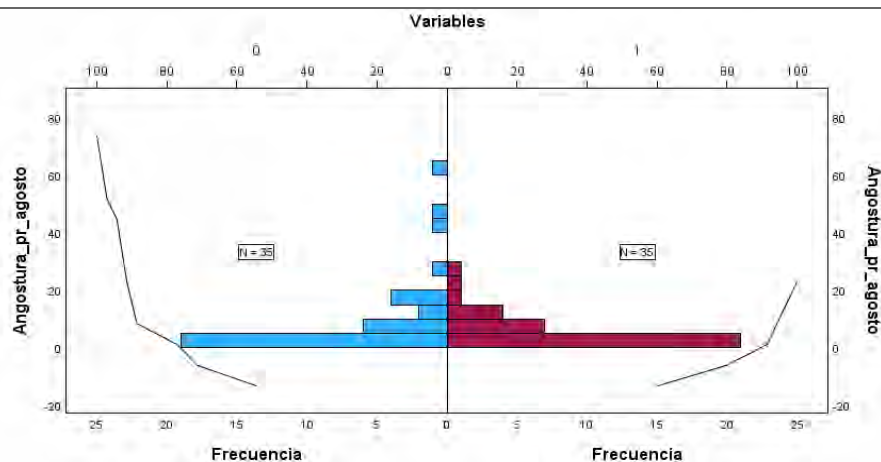
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Julio, agosto y septiembre

JULIO
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

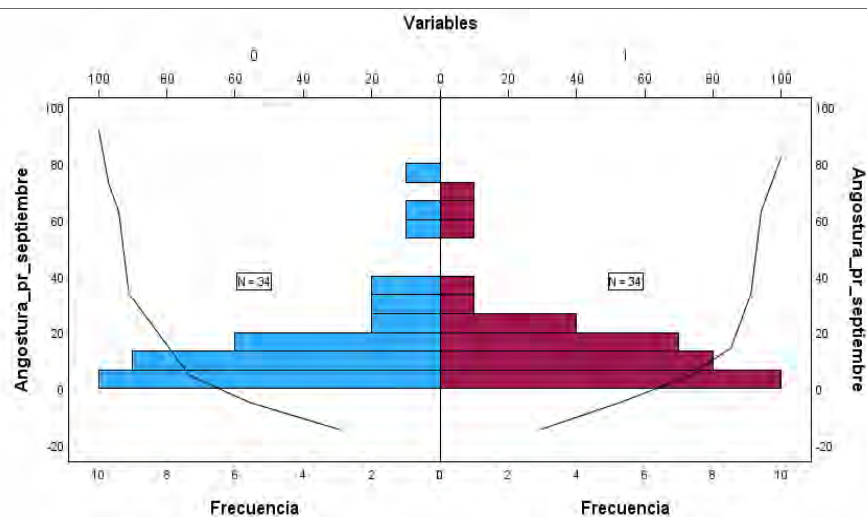
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.167
	Positivo	0.028
	Negativo	-0.167
Estadístico de prueba		0.707
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.699

**AGOSTO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		70
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.200
	Positivo	0.200
	Negativo	-0.200
Estadístico de prueba		0.837
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.486

**SEPTIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		68
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.118
	Positivo	0.118
	Negativo	-0.059
Estadístico de prueba		0.485
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.973

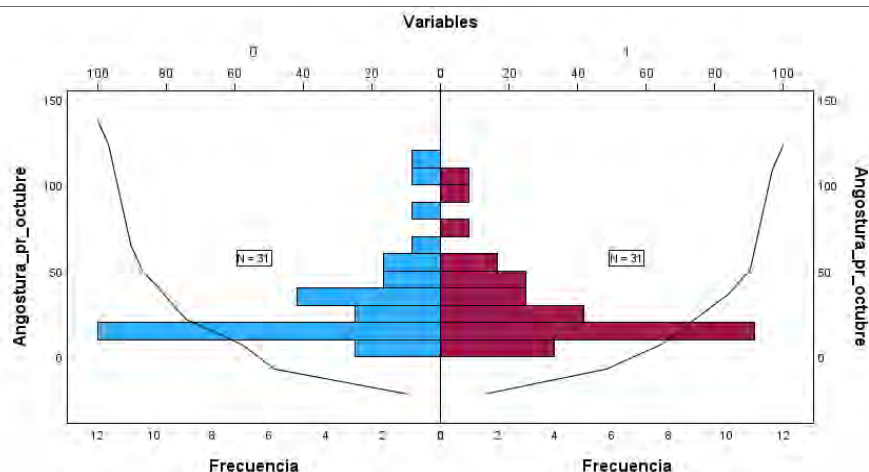


ANEXO N° 49

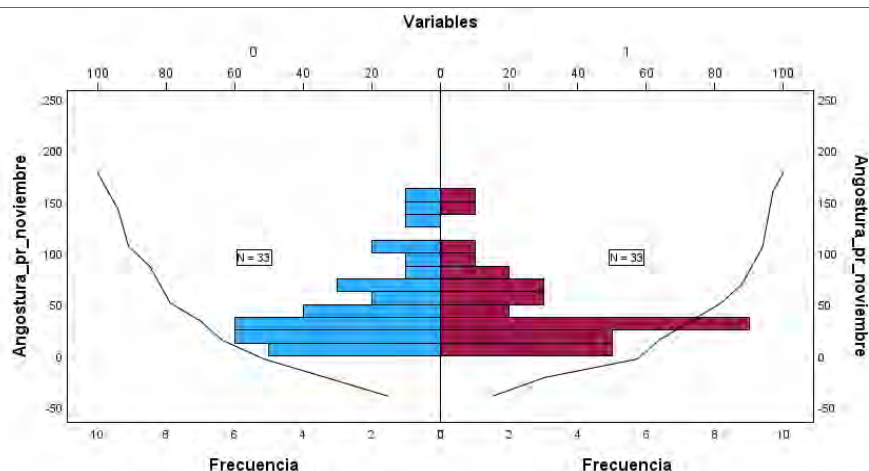
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación La Angostura y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre

OCTUBRE
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

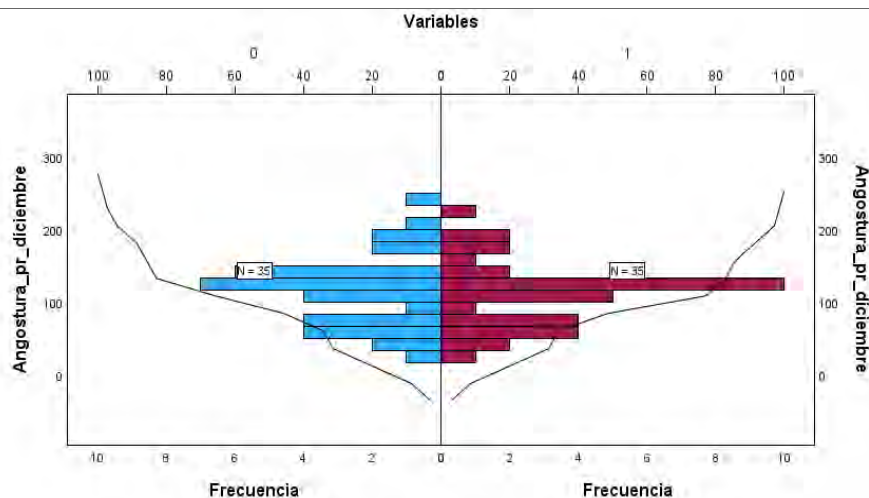
N total		62
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.097
	Positivo	0.032
	Negativo	-0.097
Estadístico de prueba		0.381
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.999

**NOVIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		66
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.091
	Positivo	0.061
	Negativo	-0.091
Estadístico de prueba		0.369
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.999

**DICIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		70
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.143
	Positivo	0.029
	Negativo	-0.143
Estadístico de prueba		0.598
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.867



ANEXO N° 50

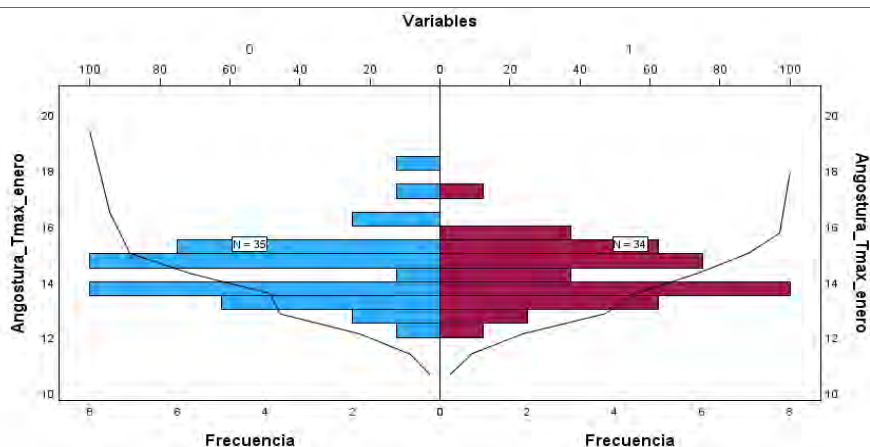
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO - Enero, febrero y marzo

ESTACION LA ANGOSTURA - TEMPERATURA MÁXIMA

ENERO

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

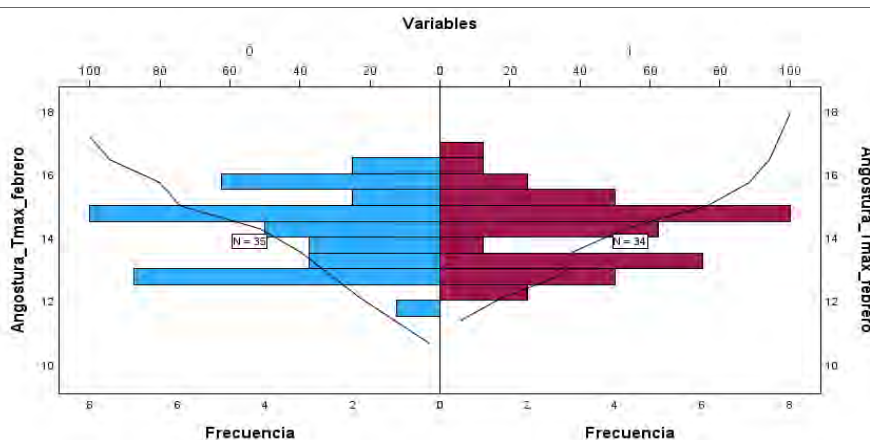
N total		69
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.102
	Positivo	0.082
	Negativo	-0.102
Estadístico de prueba		0.422
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.994



FEBRERO

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

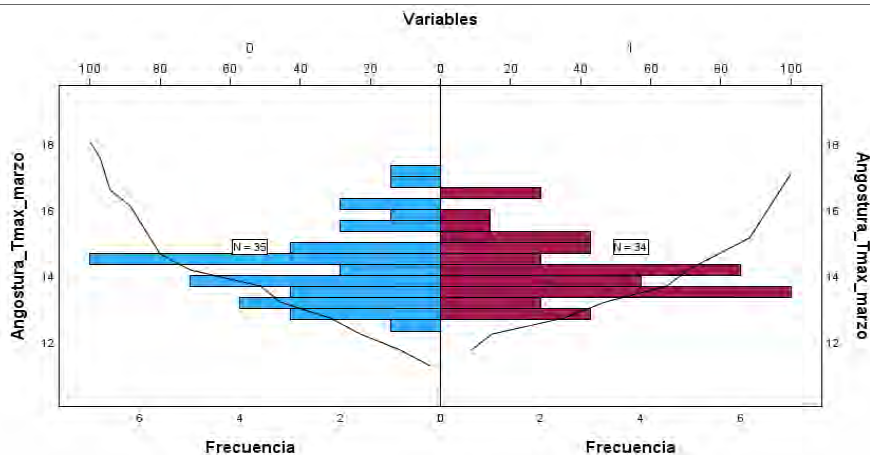
N total		69
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.113
	Positivo	0.082
	Negativo	-0.113
Estadístico de prueba		0.468
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.981



MARZO

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

N total		69
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.133
	Positivo	0.110
	Negativo	-0.133
Estadístico de prueba		0.551
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.921

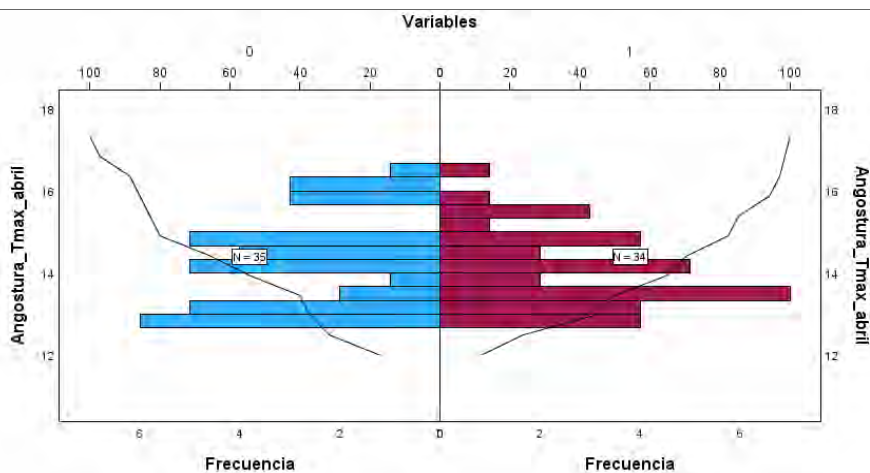


ANEXO N° 51

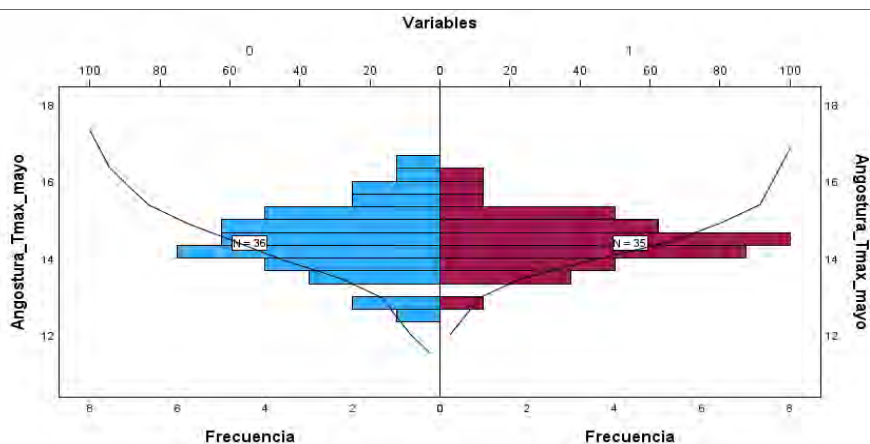
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO – Abril, mayo y junio

**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

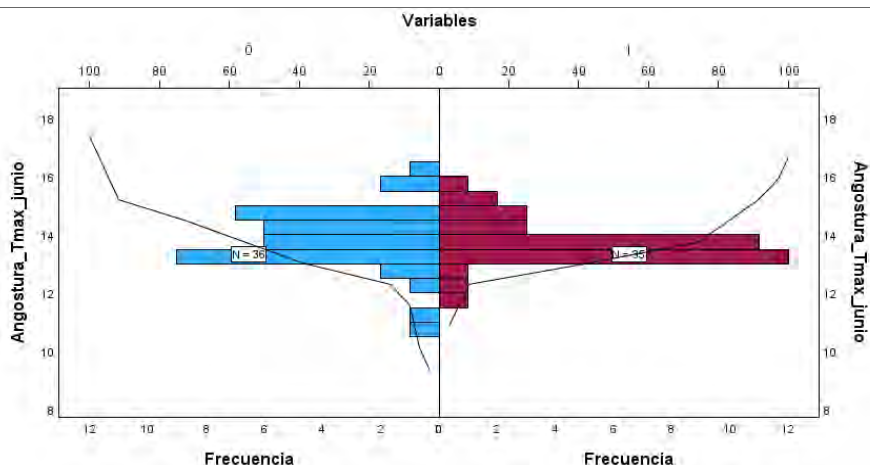
N total		69
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.161
	Positivo	0.114
	Negativo	-0.161
Estadístico de prueba		0.670
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.760

ABRIL
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		71
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.138
	Positivo	0.138
	Negativo	-0.103
Estadístico de prueba		0.582
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.887

MAYO
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		71
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.188
	Positivo	0.133
	Negativo	-0.188
Estadístico de prueba		0.792
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.557

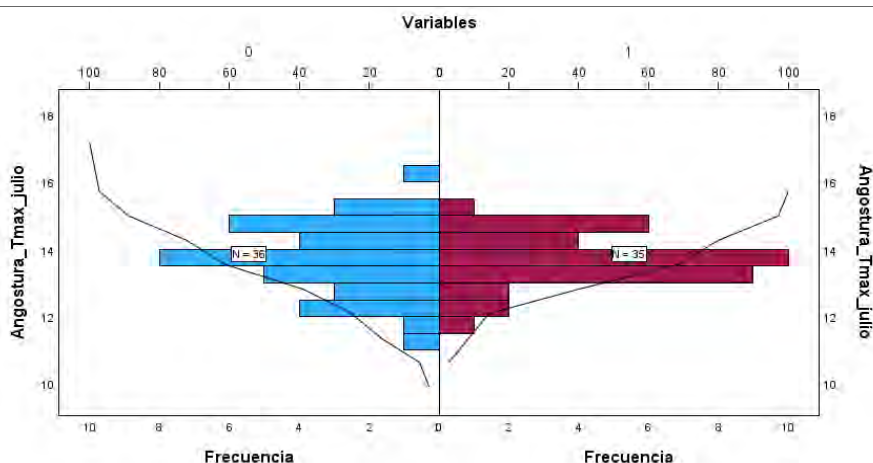
JUNIO

ANEXO N° 52

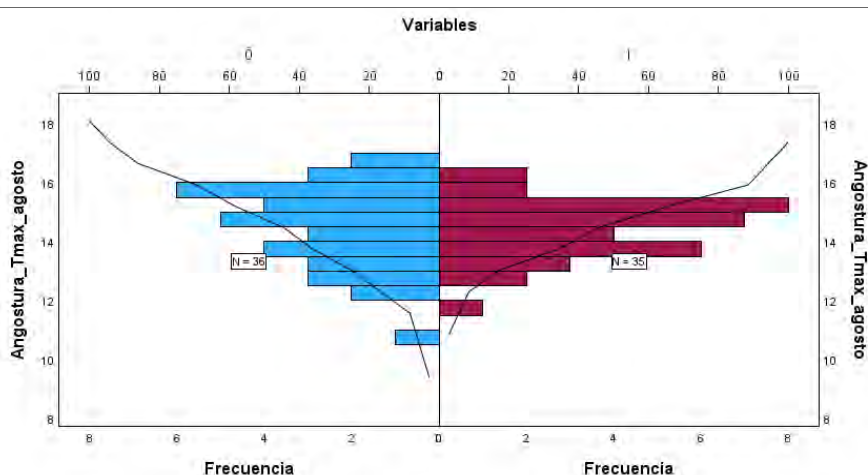
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO – Julio, agosto y septiembre

JULIO
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

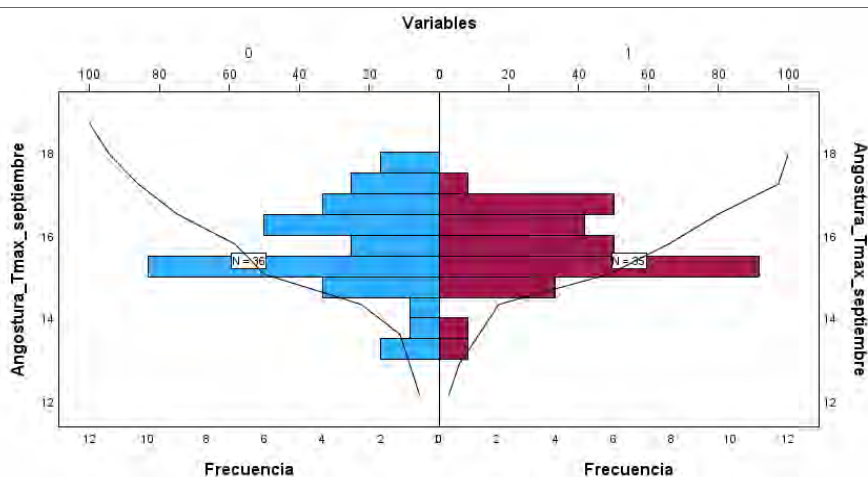
N total		71
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.193
	Positivo	0.136
	Negativo	-0.193
Estadístico de prueba		0.812
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.524

**AGOSTO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		71
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.192
	Positivo	0.083
	Negativo	-0.192
Estadístico de prueba		0.809
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.529

**SEPTIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		71
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.194
	Positivo	0.110
	Negativo	-0.194
Estadístico de prueba		0.816
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.519



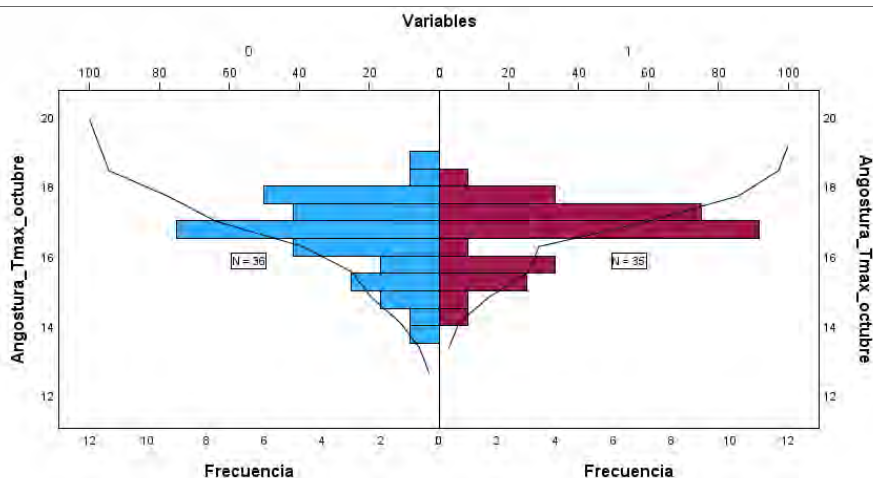
ANEXO N° 53

Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación La Angostura y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre

OCTUBRE

**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

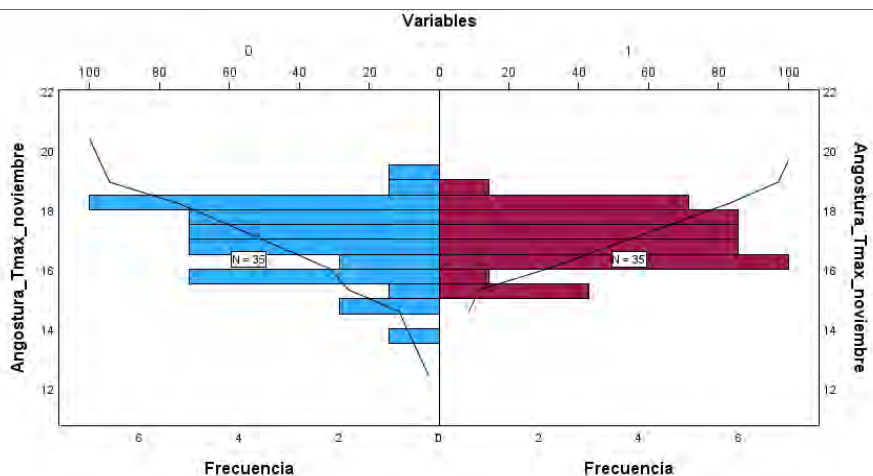
N total		71
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.132
	Positivo	0.132
	Negativo	-0.082
Estadístico de prueba		0.555
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.918



NOVIEMBRE

**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

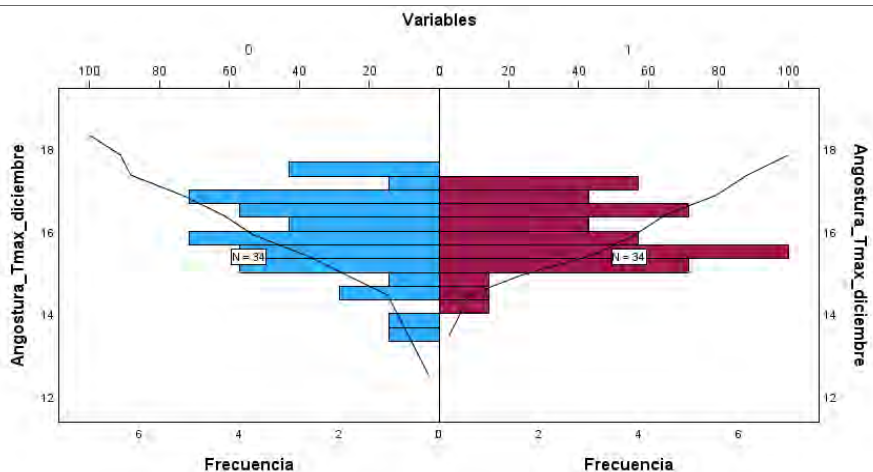
N total		70
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.143
	Positivo	0.143
	Negativo	-0.114
Estadístico de prueba		0.598
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.867



DICIEMBRE

**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		68
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.088
	Positivo	0.088
	Negativo	-0.088
Estadístico de prueba		0.364
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.999



ANEXO N° 54

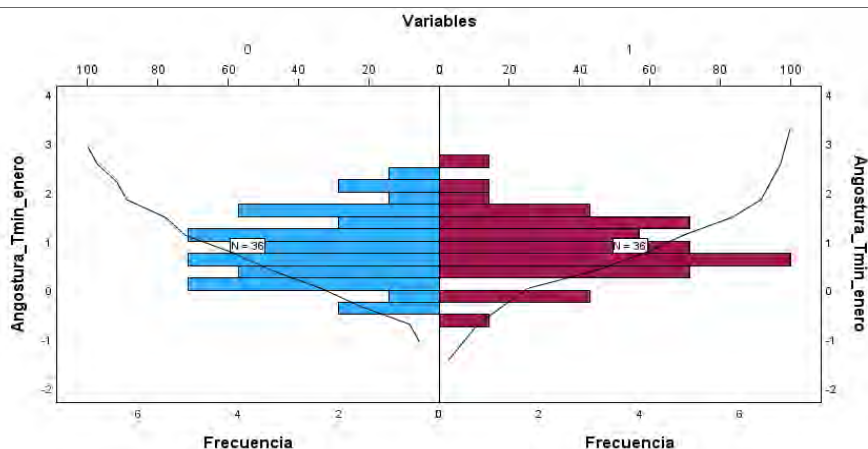
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Enero, febrero y marzo

ESTACION LA ANGOSTURA - TEMPERATURA MÍNIMA

ENERO

Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov

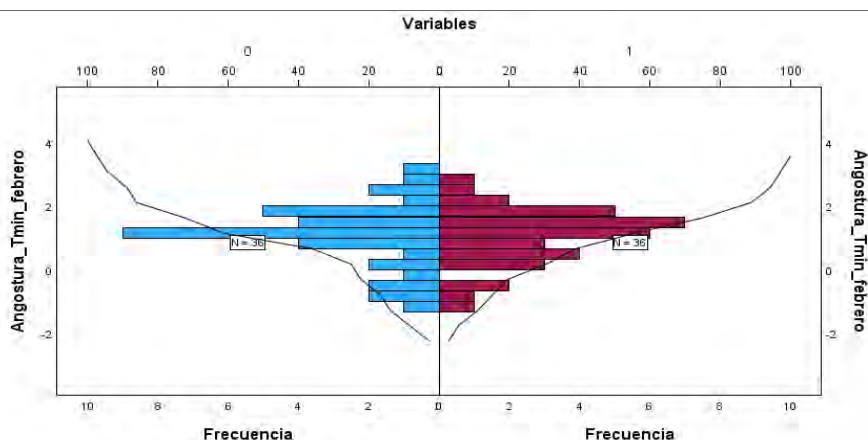
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.111
	Positivo	0.111
	Negativo	-0.056
Estadístico de prueba		0.471
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.979



FEBRERO

Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov

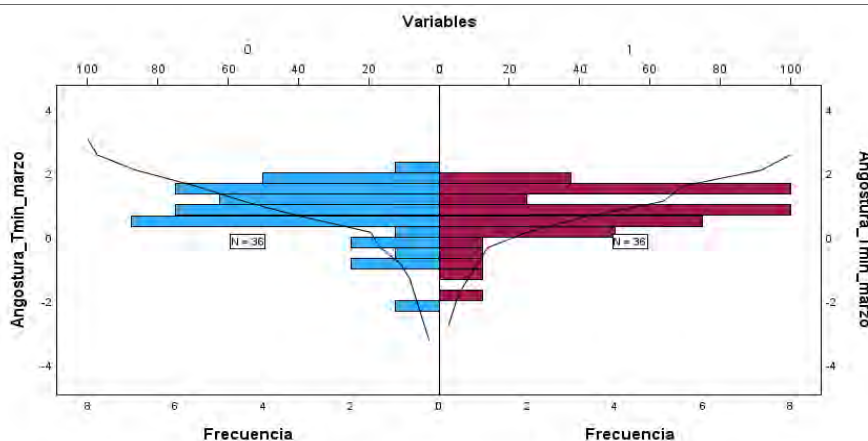
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.083
	Positivo	0.083
	Negativo	-0.083
Estadístico de prueba		0.354
Sig. asintótica (prueba bilateral)		1.000



MARZO

Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov

N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.111
	Positivo	0.056
	Negativo	-0.111
Estadístico de prueba		0.471
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.979

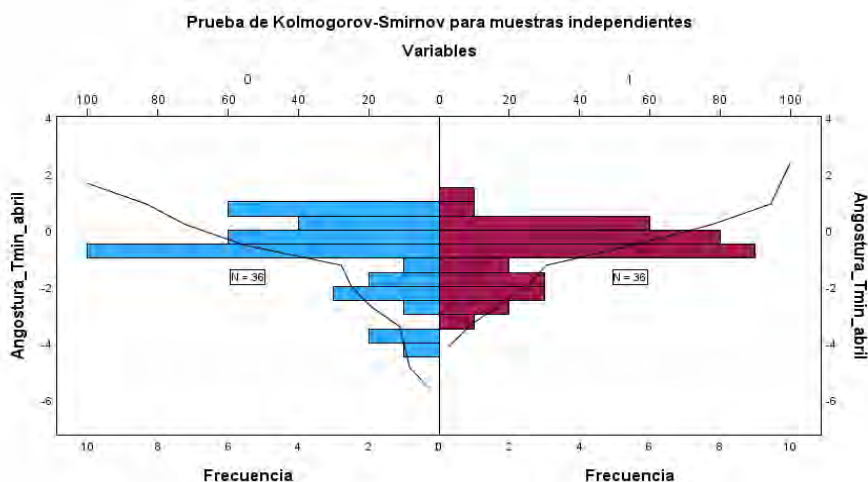


ANEXO N° 55

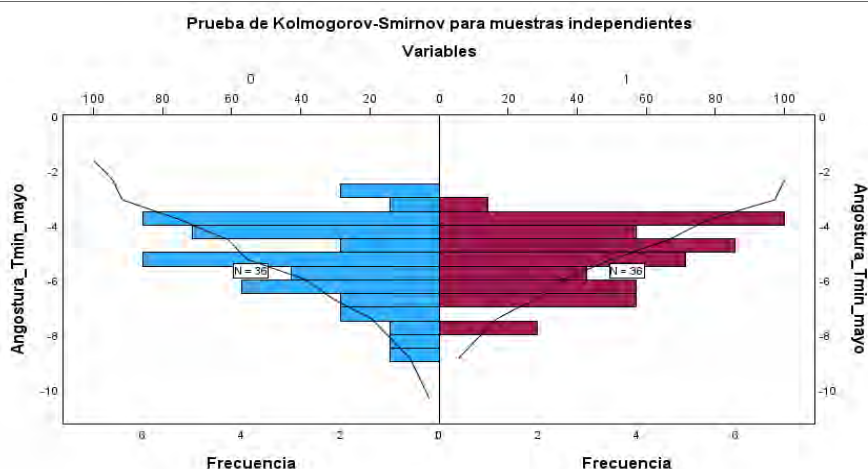
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Abril, mayo y junio

ABRIL

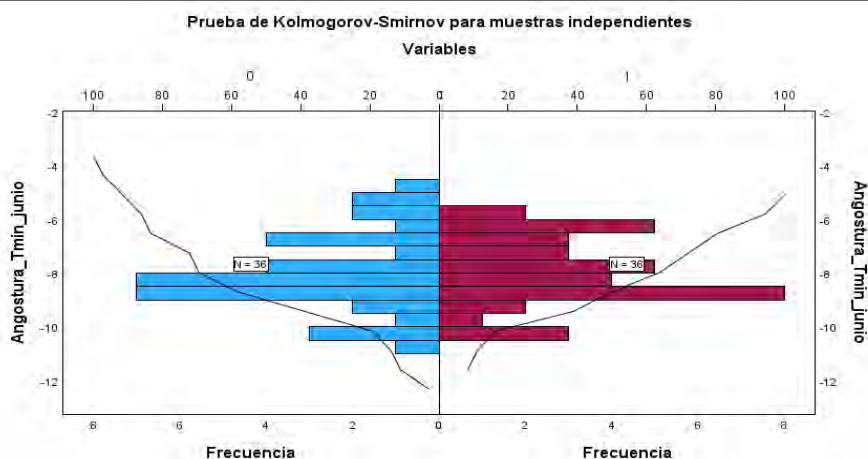
Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov		
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.139
	Positivo	0.083
	Negativo	-0.139
Estadístico de prueba		0.589
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.878

**MAYO**

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov		
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.111
	Positivo	0.111
	Negativo	-0.056
Estadístico de prueba		0.471
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.979

**JUNIO**

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov		
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.111
	Positivo	0.111
	Negativo	-0.111
Estadístico de prueba		0.471
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.979

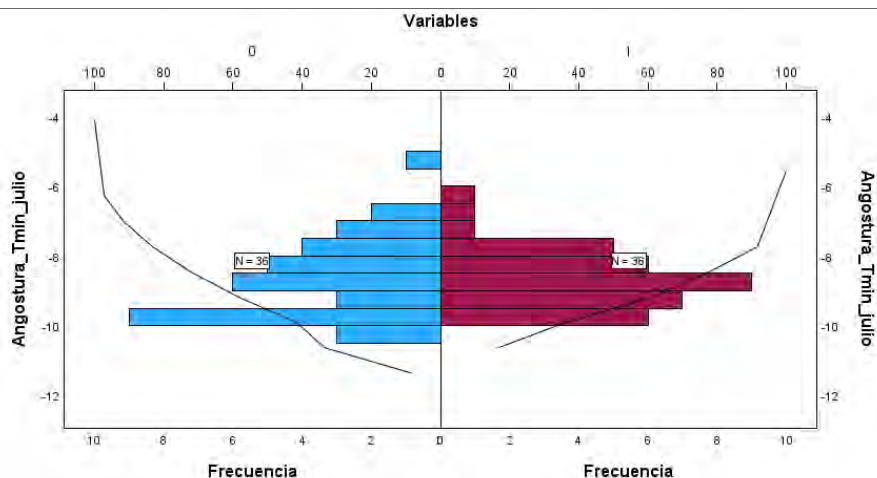


ANEXO N° 56

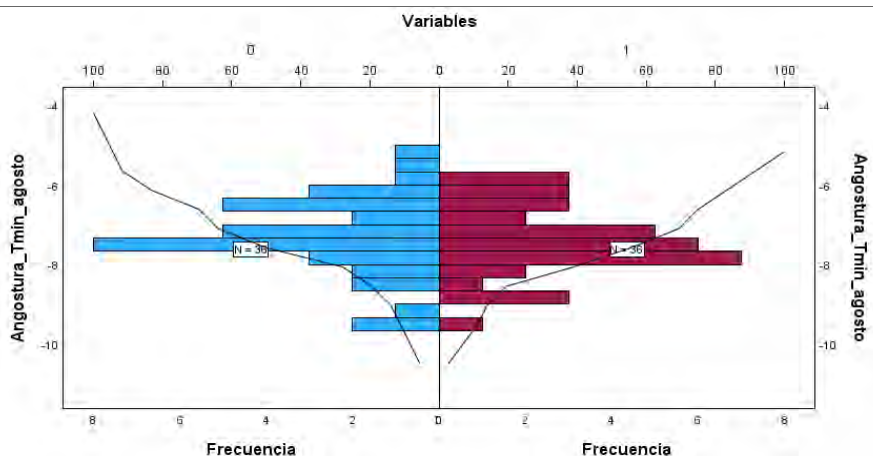
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Julio, agosto y septiembre

JULIO
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

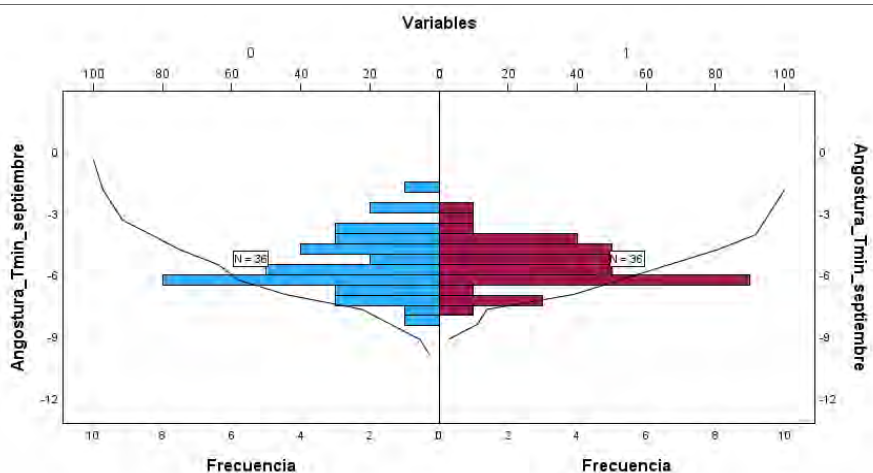
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.167
	Positivo	0.167
	Negativo	-0.111
Estadístico de prueba		0.707
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.699

**AGOSTO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.139
	Positivo	0.056
	Negativo	-0.139
Estadístico de prueba		0.589
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.878

**SEPTIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.139
	Positivo	0.111
	Negativo	-0.139
Estadístico de prueba		0.589
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.878

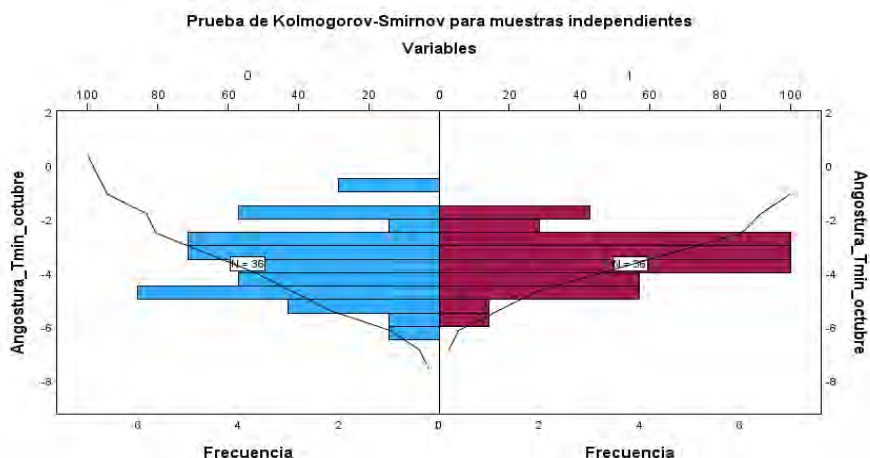


ANEXO N° 57

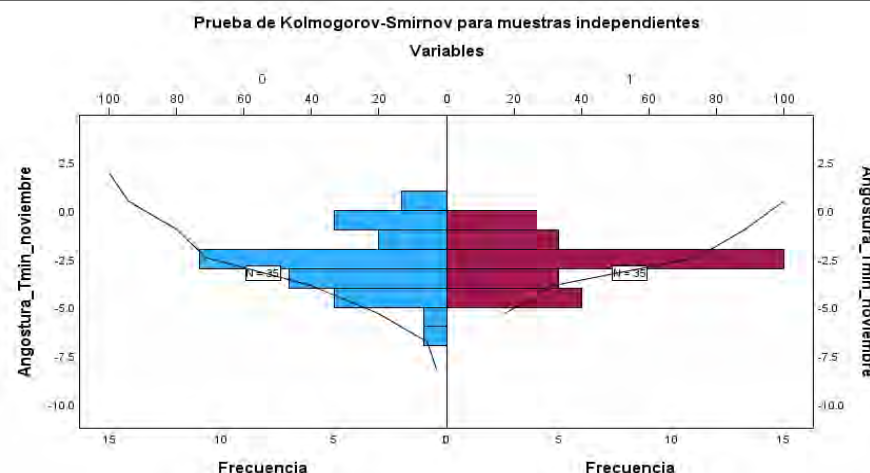
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación La Angostura y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre

OCTUBRE
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

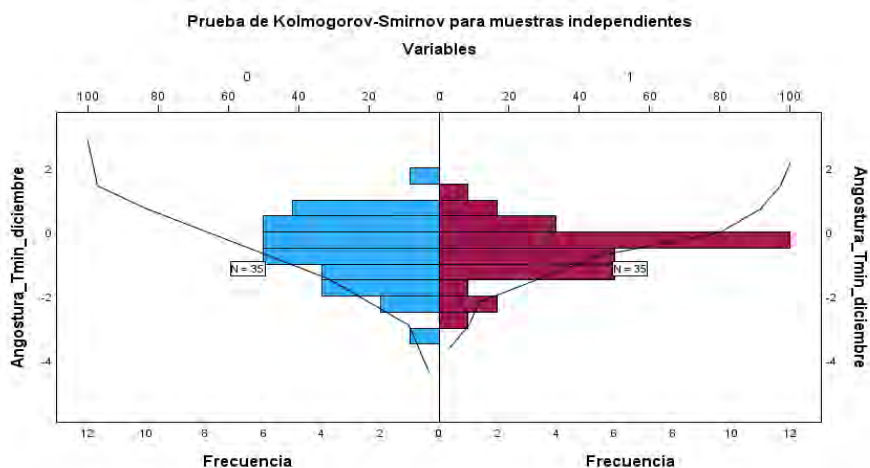
N total		72
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.167
	Positivo	0.167
	Negativo	-0.111
Estadístico de prueba		0.707
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.699

**NOVIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		70
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.143
	Positivo	0.143
	Negativo	-0.114
Estadístico de prueba		0.598
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.867

**DICIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		70
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.171
	Positivo	0.143
	Negativo	-0.171
Estadístico de prueba		0.717
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.683

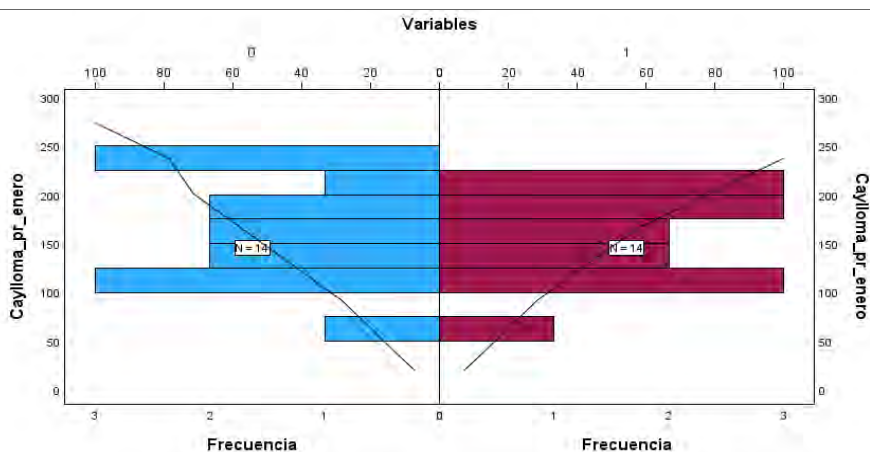


ANEXO N° 58

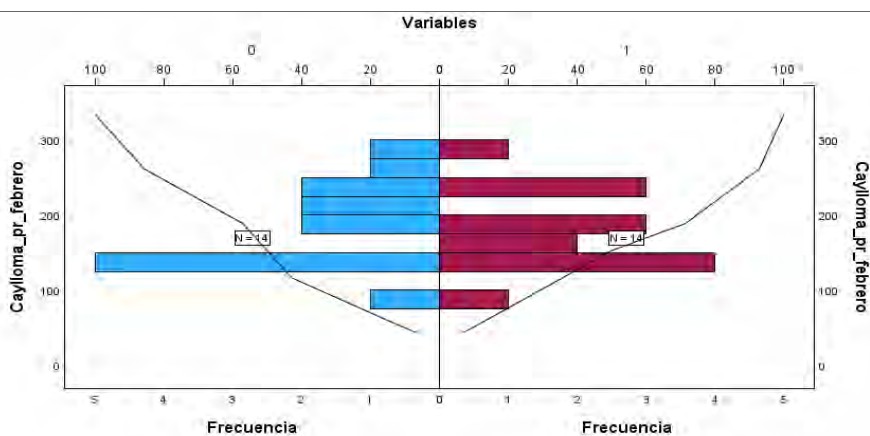
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Enero, febrero y marzo

ESTACION CAYLLOMA - PRECIPITACIÓN**ENERO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

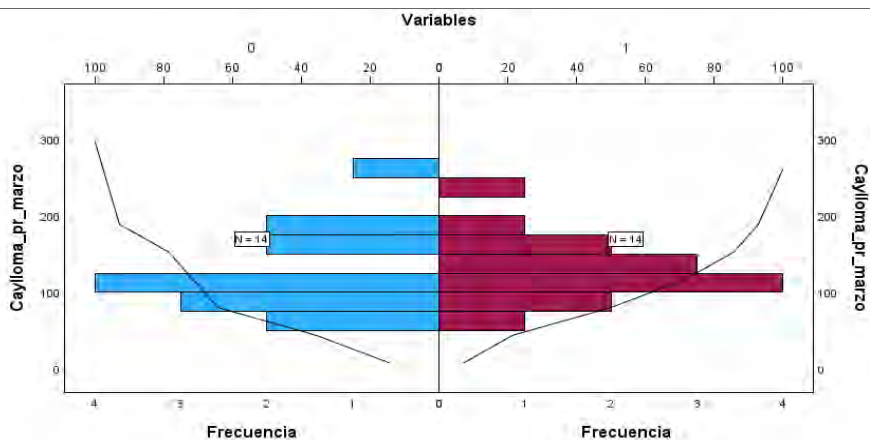
N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.286
	Positivo	0.143
	Negativo	-0.286
Estadístico de prueba		0.756
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.617

**FEBRERO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.286
	Positivo	0.286
	Negativo	-0.143
Estadístico de prueba		0.756
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.617

**MARZO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.286
	Positivo	0.286
	Negativo	-0.071
Estadístico de prueba		0.756
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.617

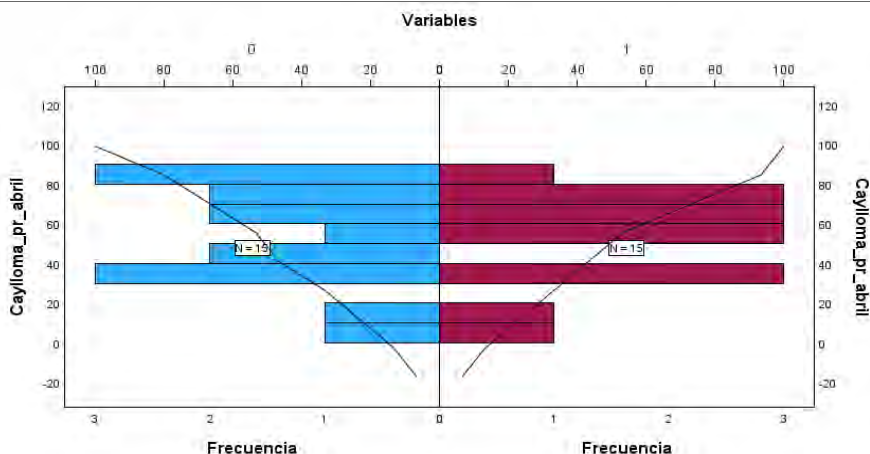


ANEXO N° 59

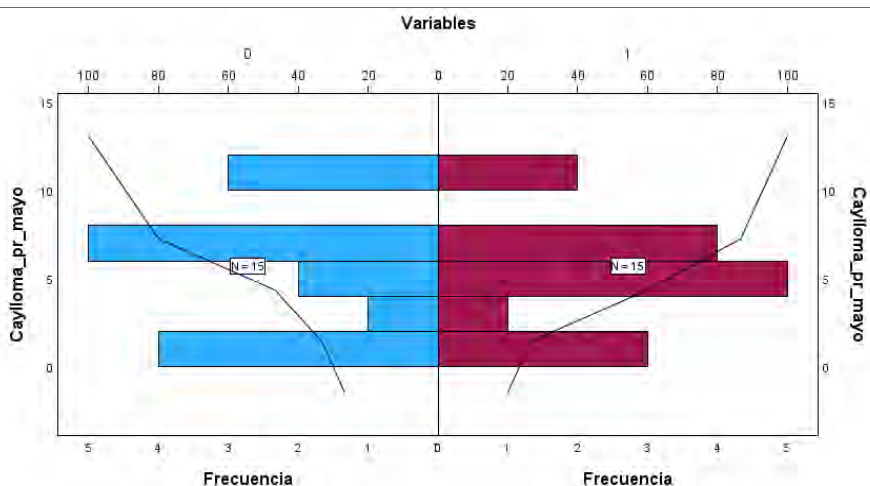
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Abril, mayo y junio

ABRIL
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

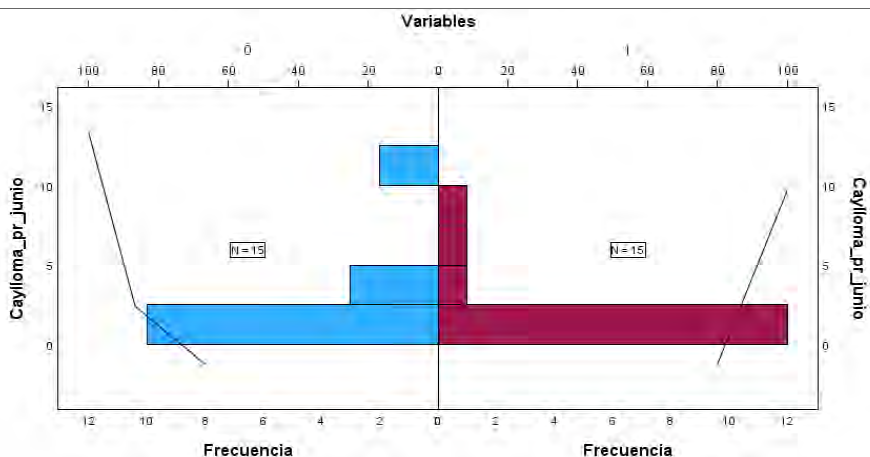
N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.200
	Positivo	0.200
	Negativo	-0.200
Estadístico de prueba		0.548
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.925

**MAYO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.267
	Positivo	0.133
	Negativo	-0.267
Estadístico de prueba		0.730
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.660

**JUNIO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.200
	Positivo	0.067
	Negativo	-0.200
Estadístico de prueba		0.548
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.925

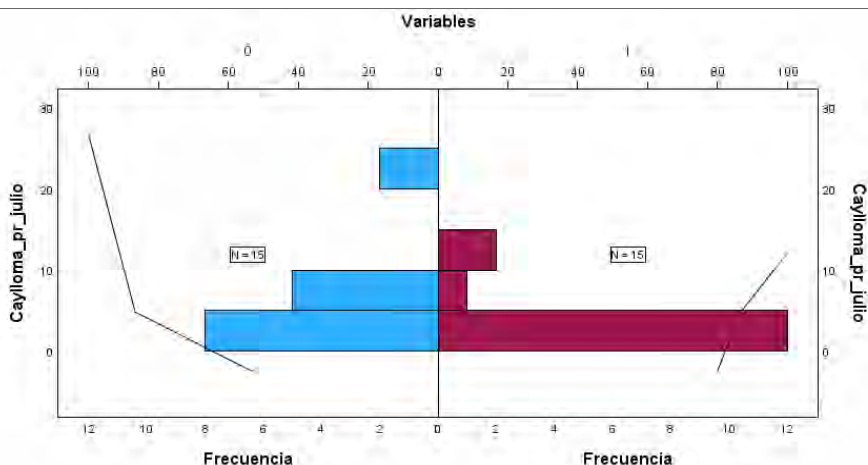


ANEXO N° 60

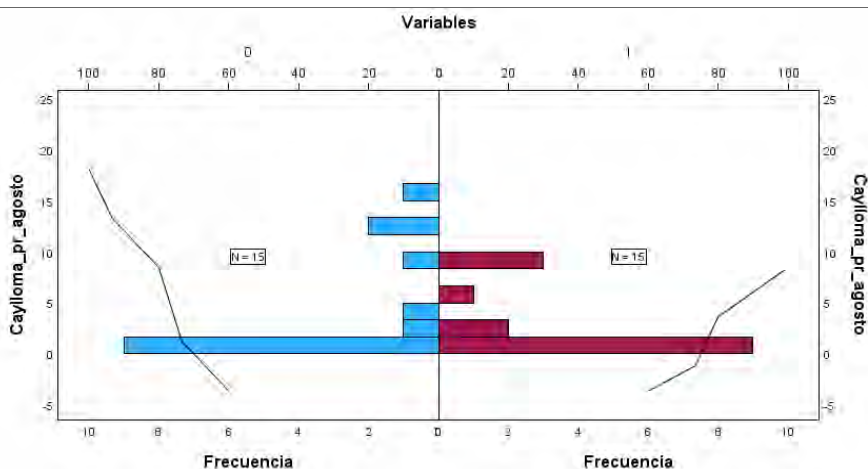
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Julio, agosto y septiembre

JULIO
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

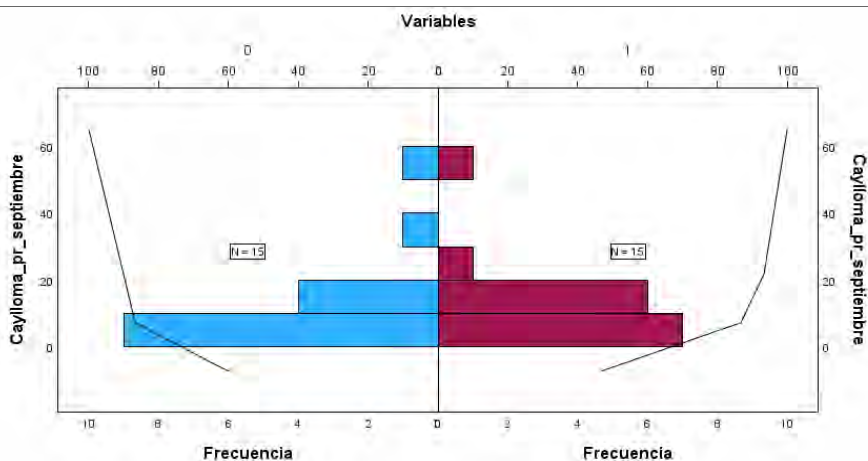
N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.267
	Positivo	0.067
	Negativo	-0.267
Estadístico de prueba		0.730
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.660

**AGOSTO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.200
	Positivo	0.133
	Negativo	-0.200
Estadístico de prueba		0.548
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.925

**SEPTIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.133
	Positivo	0.133
	Negativo	-0.133
Estadístico de prueba		0.365
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.999

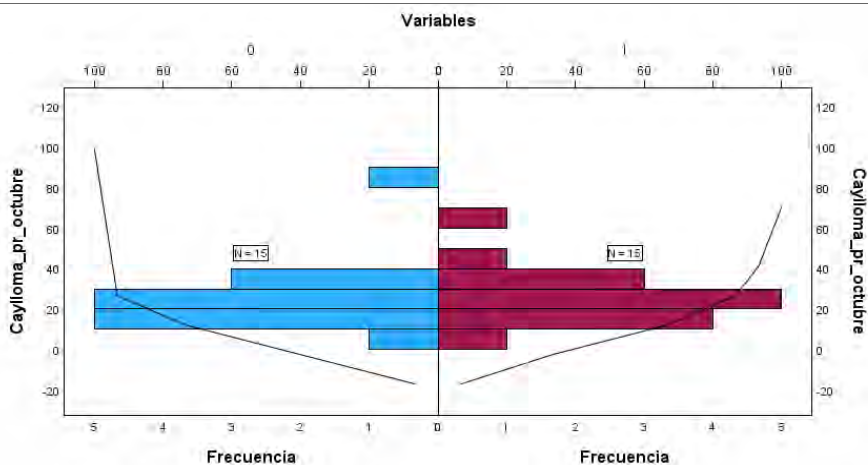


ANEXO N° 61

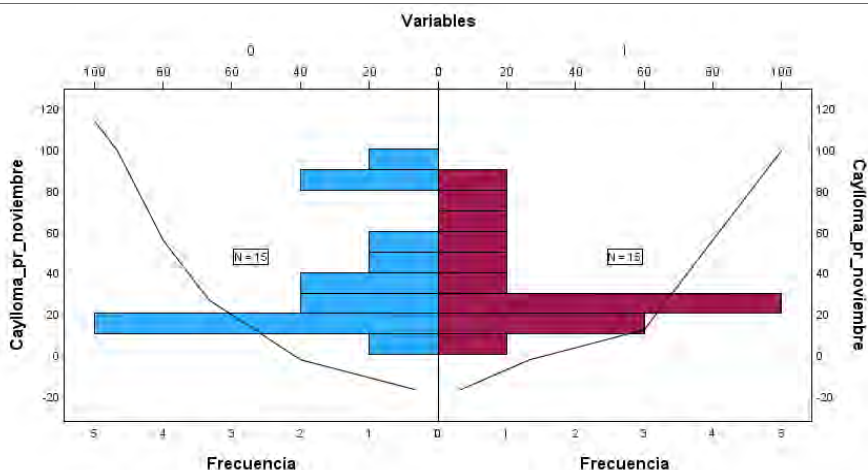
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para precipitación en la estación Caylloma y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre

OCTUBRE
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

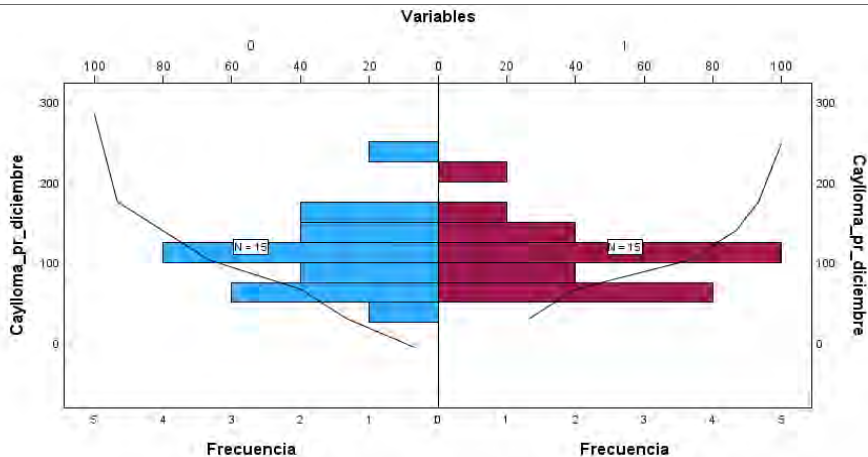
N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.200
	Positivo	0.200
	Negativo	-0.133
Estadístico de prueba		0.548
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.925

**NOVIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.200
	Positivo	0.200
	Negativo	-0.133
Estadístico de prueba		0.548
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.925

**DICIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		30
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.133
	Positivo	0.133
	Negativo	-0.133
Estadístico de prueba		0.365
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.999

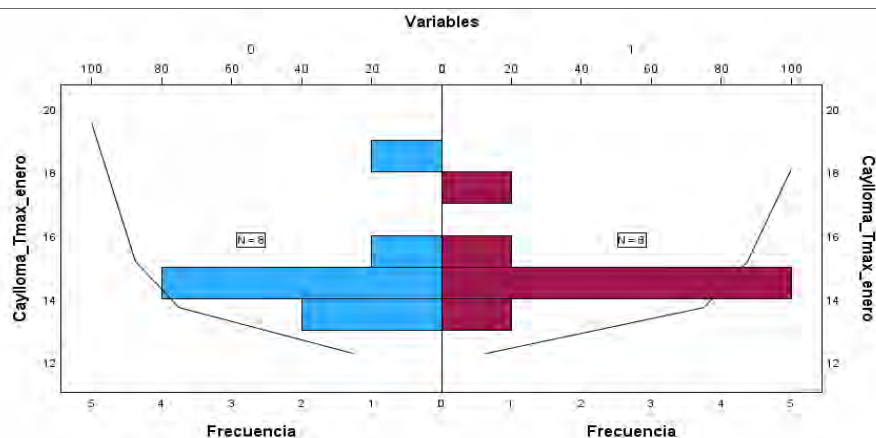


ANEXO N° 62

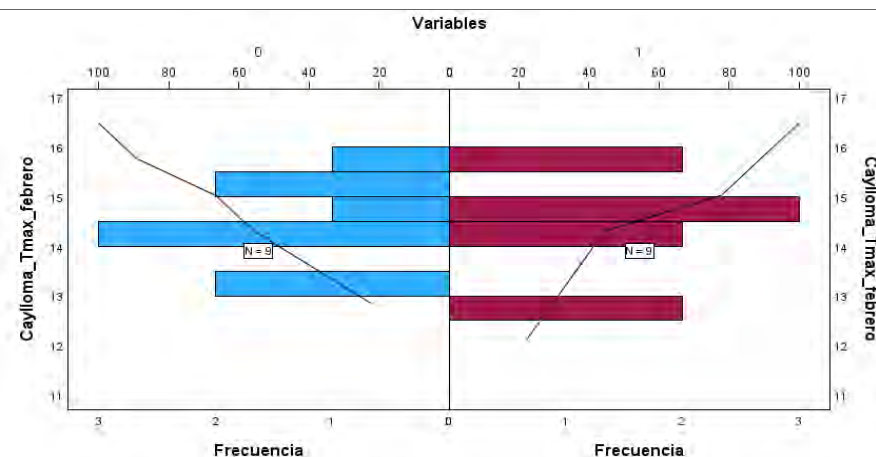
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Enero, febrero y marzo

ESTACION CAYLLOMA - TEMPERATURA MÁXIMA**ENERO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

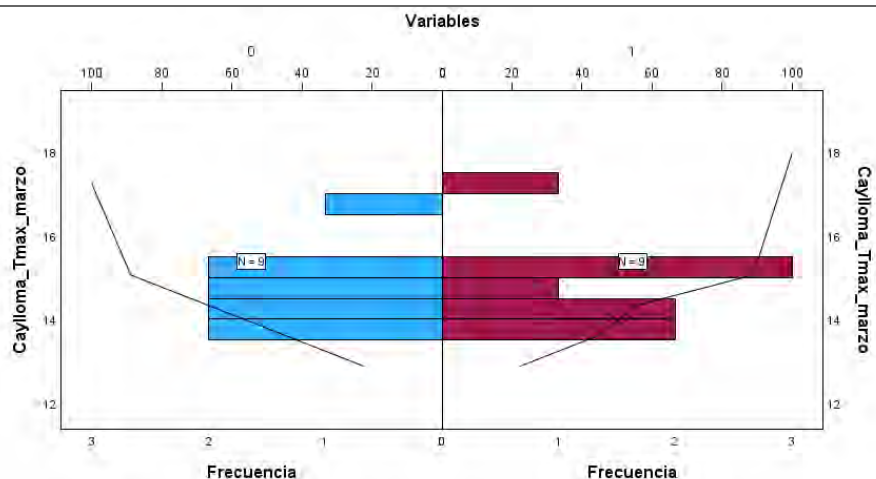
N total		16
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.500
	Positivo	0.500
	Negativo	-0.125
Estadístico de prueba		1.000
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.270

**FEBRERO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.222
	Positivo	0.222
	Negativo	-0.222
Estadístico de prueba		0.471
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.979

**MARZO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.222
	Positivo	0.222
	Negativo	-0.222
Estadístico de prueba		0.471
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.979



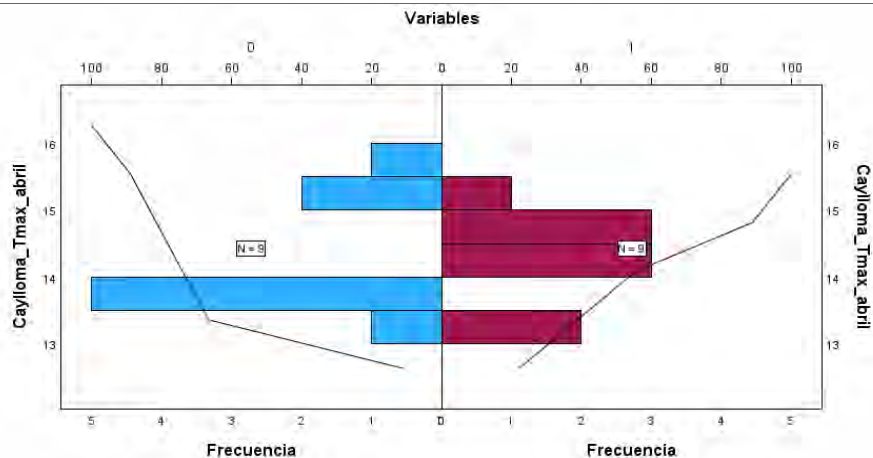
ANEXO N° 63

Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Abril, mayo y junio

ABRIL

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

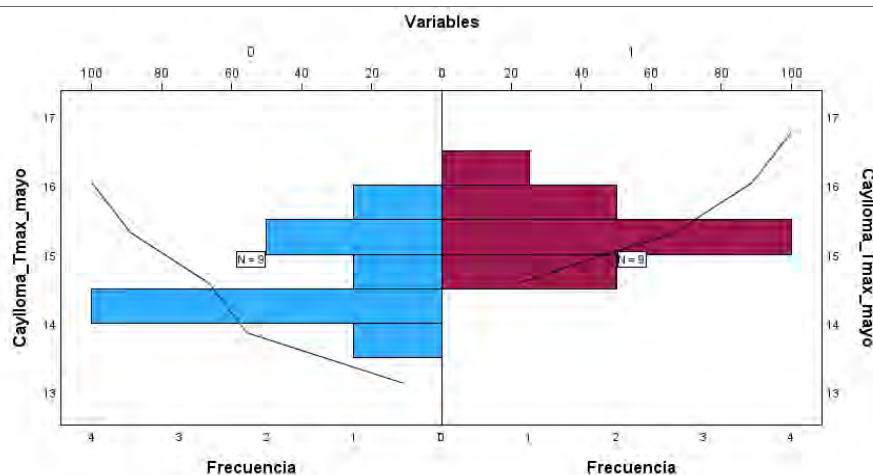
N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.444
	Positivo	0.444
	Negativo	-0.222
Estadístico de prueba		0.943
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.336



MAYO

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

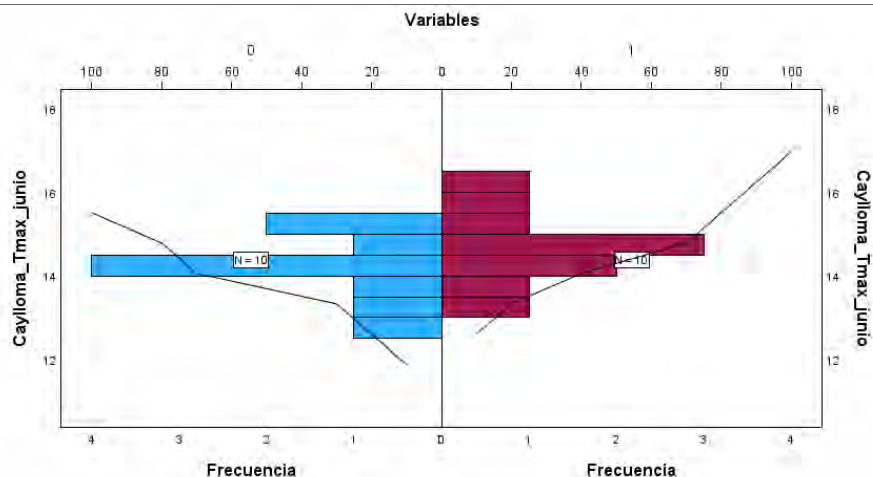
N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.556
	Positivo	0.556
	Negativo	0.000
Estadístico de prueba		1.179
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.124



JUNIO

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

N total		20
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.300
	Positivo	0.300
	Negativo	0.000
Estadístico de prueba		0.671
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.759



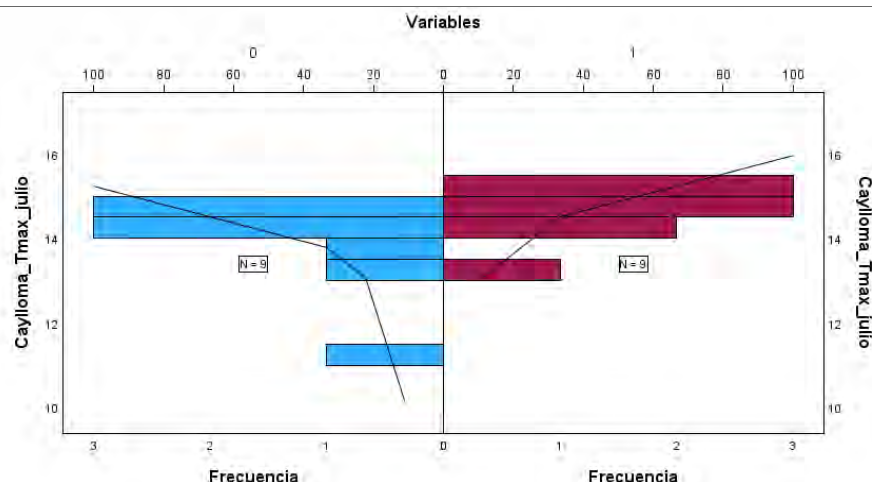
ANEXO N° 64

Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Julio, agosto y septiembre

JULIO

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

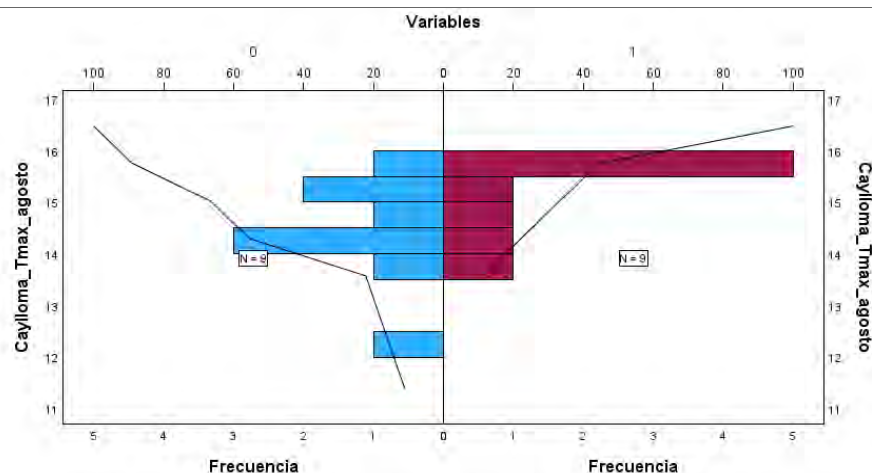
N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.667
	Positivo	0.667
	Negativo	0.000
Estadístico de prueba		1.414
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.037



AGOSTO

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

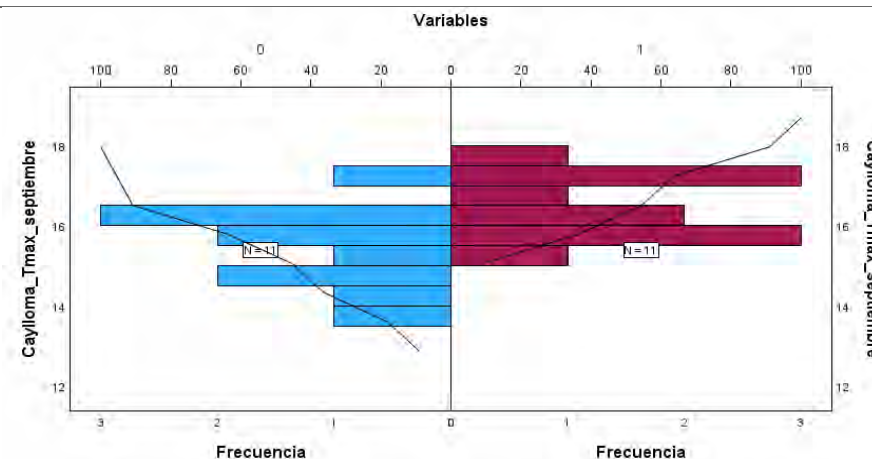
N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.556
	Positivo	0.556
	Negativo	0.000
Estadístico de prueba		1.179
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.124



SEPTIEMBRE

Resumen de prueba Kolmogorov-Smirnov

N total		22
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.455
	Positivo	0.455
	Negativo	0.000
Estadístico de prueba		1.066
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.206

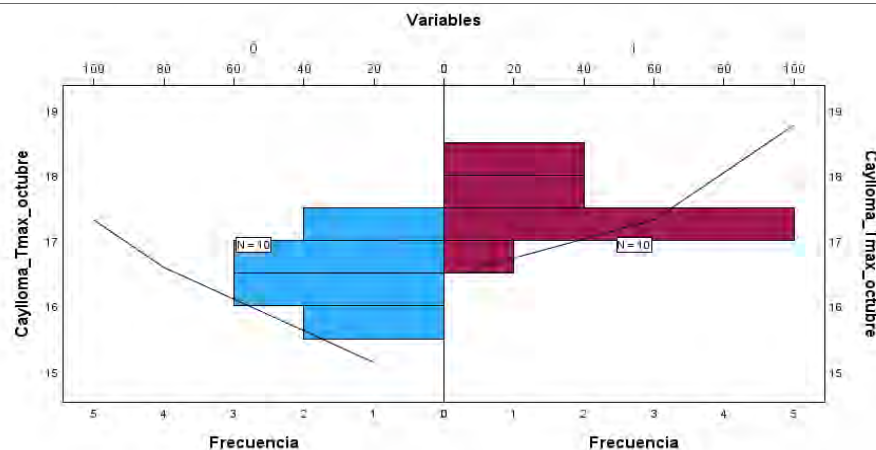


ANEXO N° 65

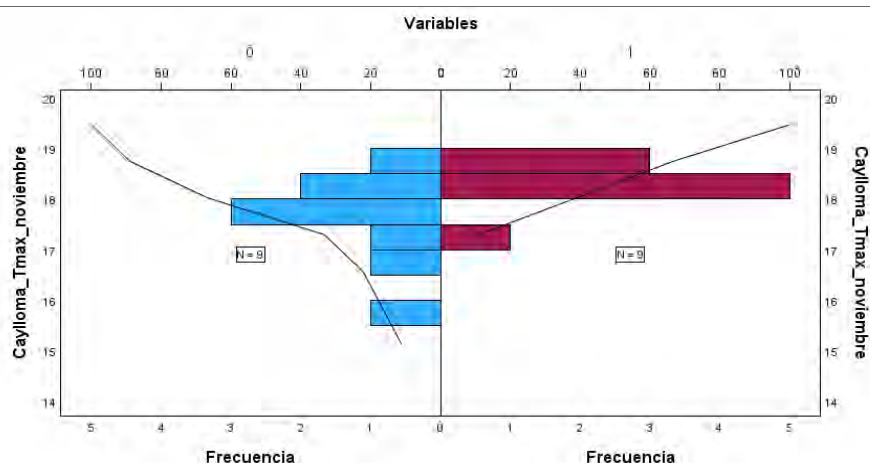
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura máxima en la estación Caylloma y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre

OCTUBRE
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

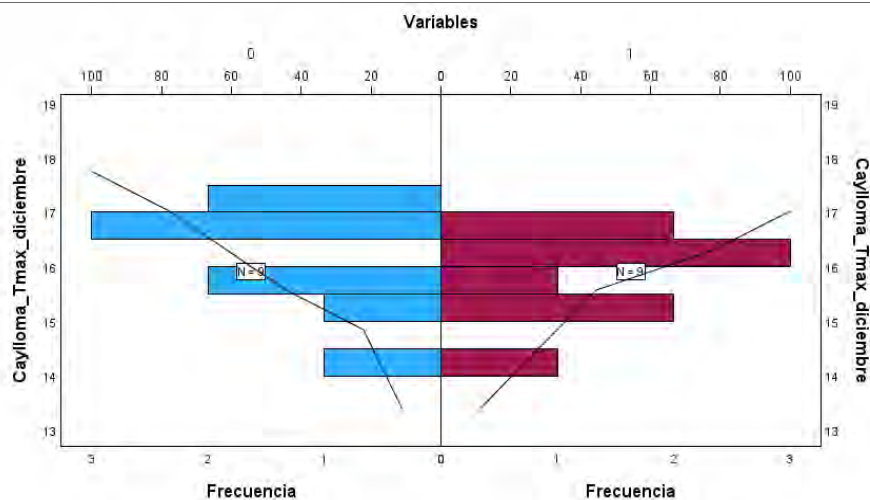
N total		20
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.700
	Positivo	0.700
	Negativo	0.000
Estadístico de prueba		1.565
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.015

**NOVIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.667
	Positivo	0.667
	Negativo	0.000
Estadístico de prueba		1.414
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.037

**DICIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		18
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.556
	Positivo	0.111
	Negativo	-0.556
Estadístico de prueba		1.179
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.124



ANEXO N° 66

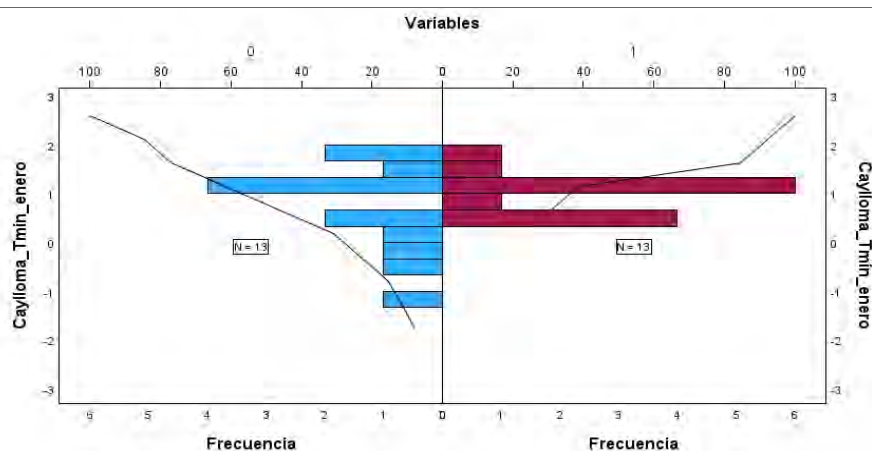
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Enero, febrero y marzo

ESTACION CAYLLOMA - TEMPERATURA MÍNIMA

ENERO

Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov

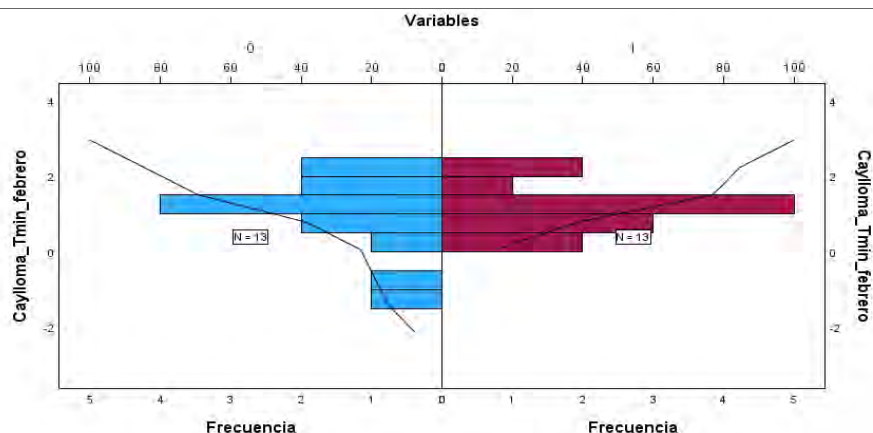
N total		26
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.385
	Positivo	0.385
	Negativo	-0.231
Estadístico de prueba		0.981
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.291



FEBRERO

Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov

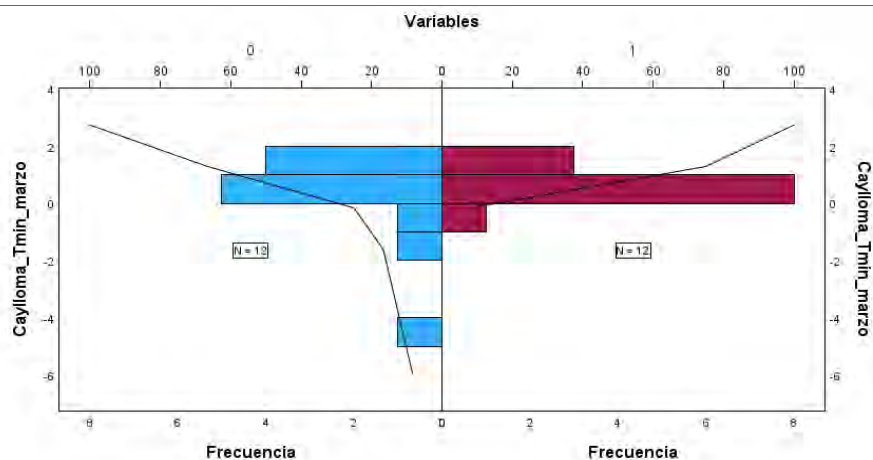
N total		26
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.231
	Positivo	0.154
	Negativo	-0.231
Estadístico de prueba		0.588
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.879



MARZO

Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov

N total		24
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.250
	Positivo	0.250
	Negativo	-0.250
Estadístico de prueba		0.612
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.847

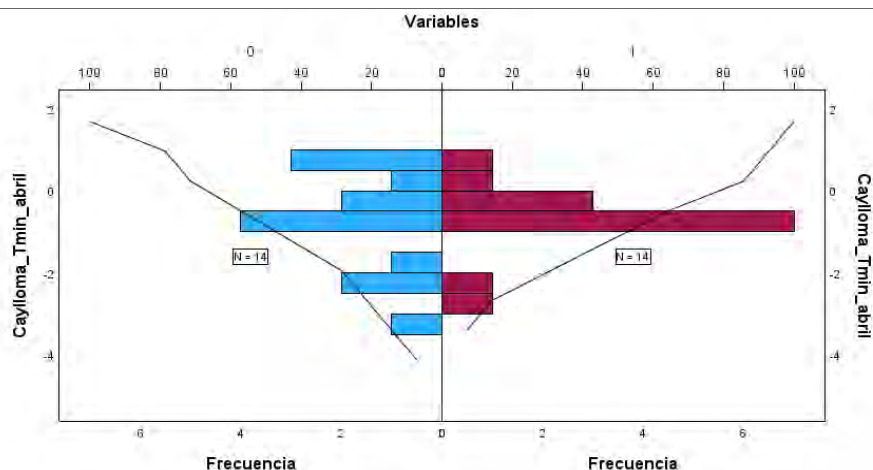


ANEXO N° 67

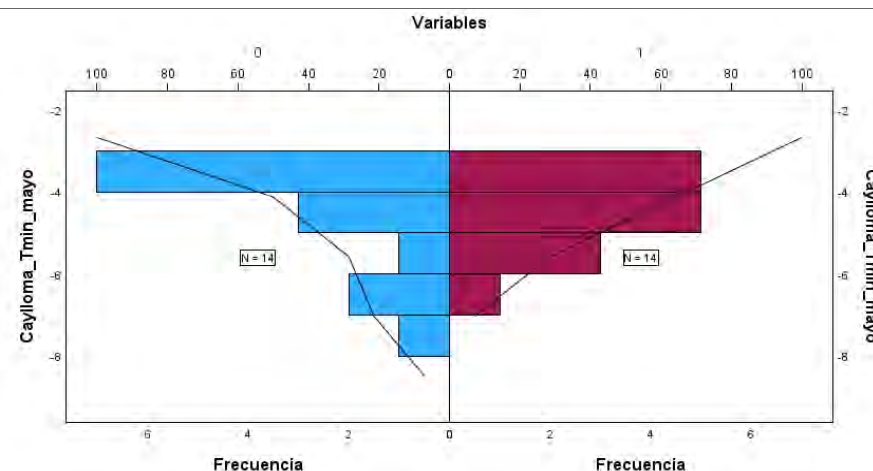
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Abril, mayo y junio

ABRIL
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

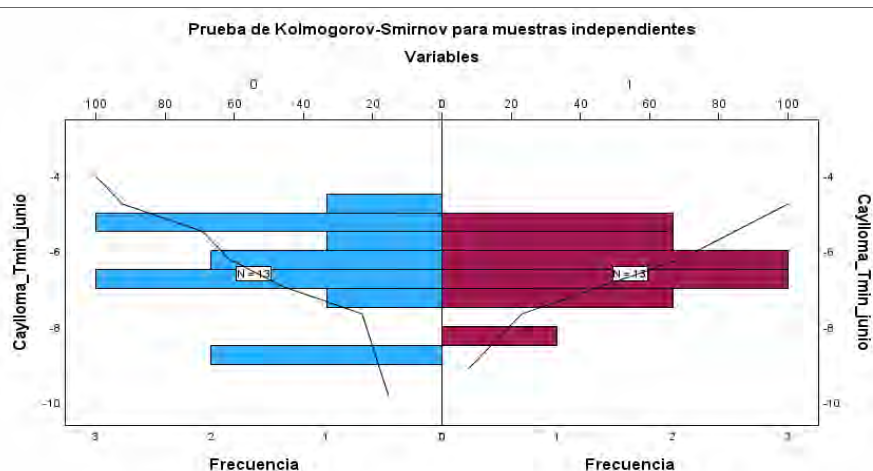
N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.143
	Positivo	0.143
	Negativo	-0.143
Estadístico de prueba		0.378
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.999

**MAYO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.214
	Positivo	0.214
	Negativo	-0.143
Estadístico de prueba		0.567
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.905

**JUNIO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		26
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.154
	Positivo	0.154
	Negativo	-0.154
Estadístico de prueba		0.392
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.998

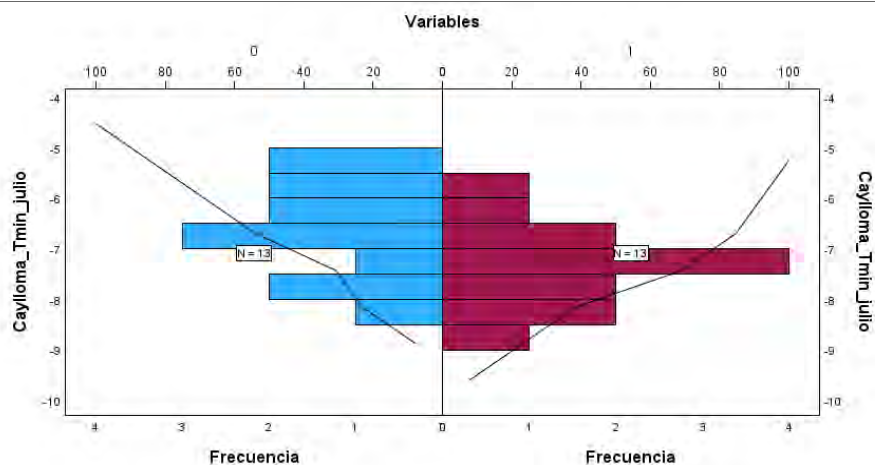


ANEXO N° 68

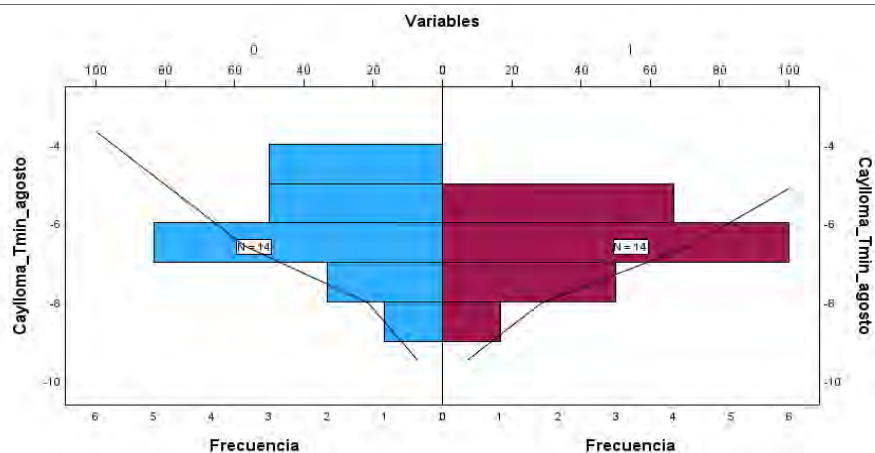
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Julio, agosto y septiembre

JULIO
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

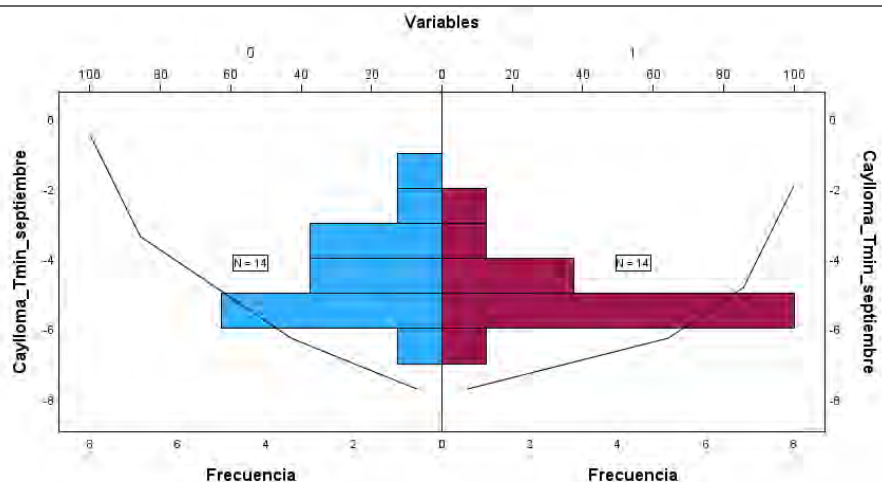
N total		26
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.462
	Positivo	0.000
	Negativo	-0.462
Estadístico de prueba		1.177
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.125

**AGOSTO**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.214
	Positivo	0.071
	Negativo	-0.214
Estadístico de prueba		0.567
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.905

**SEPTIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.286
	Positivo	0.071
	Negativo	-0.286
Estadístico de prueba		0.756
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.617

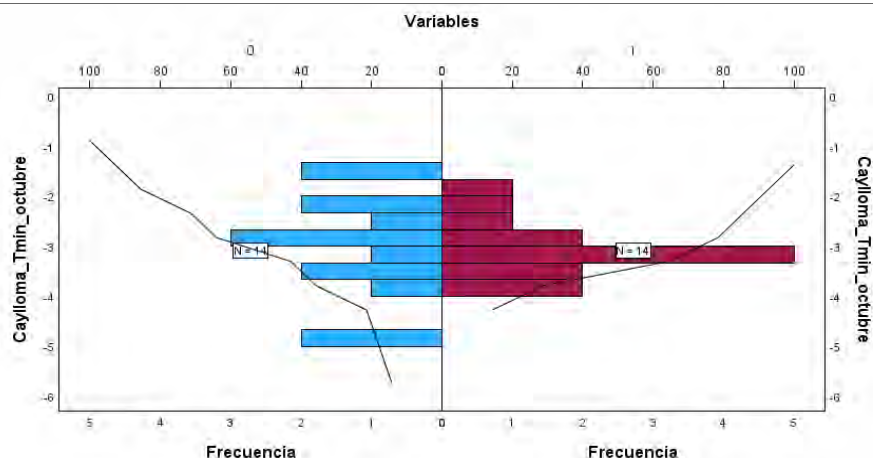


ANEXO N° 69

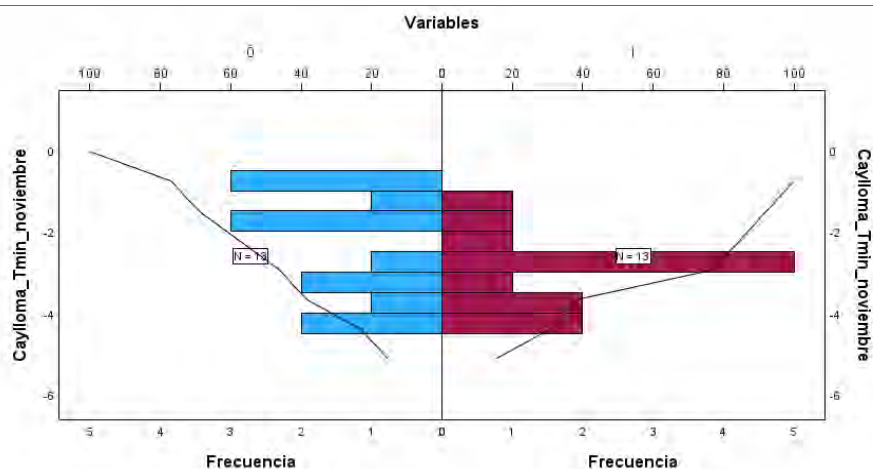
Prueba de Kolmogorov Smirnov para muestras independientes para temperatura mínima en la estación Caylloma y PISCO – Octubre, noviembre y diciembre

OCTUBRE
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

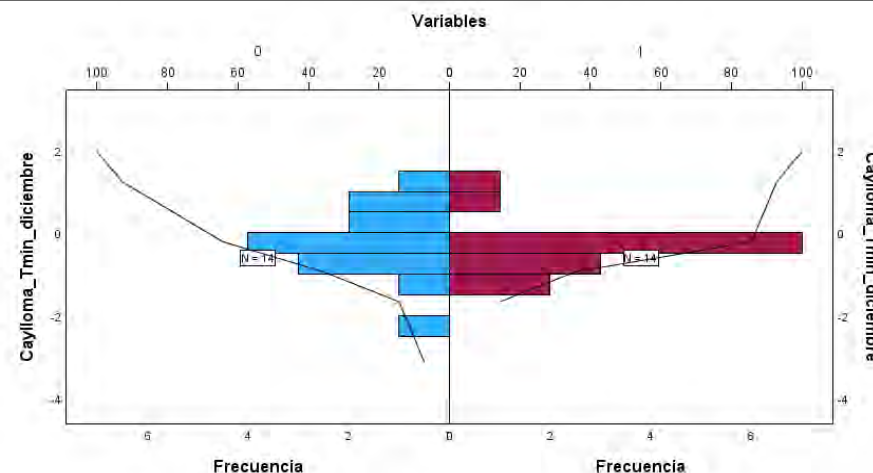
N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.214
	Positivo	0.143
	Negativo	-0.214
Estadístico de prueba		0.567
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.905

**NOVIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		26
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.462
	Positivo	0.077
	Negativo	-0.462
Estadístico de prueba		1.177
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.125

**DICIEMBRE**
**Resumen de prueba
Kolmogorov-Smirnov**

N total		28
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.214
	Positivo	0.143
	Negativo	-0.214
Estadístico de prueba		0.567
Sig. asintótica (prueba bilateral)		0.905



ANEXO N° 70*Caudales de la primera simulación*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	14.25	14.93	11.78	9.61	3.87	0.41	0.07	0.02	0.57	0.69	0.03	1.51
1984	19.60	52.48	83.49	55.04	31.21	14.61	4.57	0.86	0.38	5.50	13.66	33.34
1985	23.73	41.24	43.07	37.02	21.87	10.71	2.28	0.41	0.54	0.21	2.48	13.43
1986	38.75	56.68	62.11	51.74	29.61	13.96	4.10	1.00	0.74	0.58	0.77	10.99
1987	39.41	39.85	27.68	14.72	5.30	0.77	1.25	0.18	0.06	1.60	0.60	1.29
1988	30.48	38.67	43.01	31.06	17.01	7.13	1.09	0.24	0.19	0.40	0.13	3.92
1989	19.72	44.35	54.55	41.62	23.11	10.67	2.41	0.45	0.26	0.29	0.72	0.83
1990	9.45	8.54	15.22	12.36	5.50	1.27	0.06	0.18	0.13	1.71	4.97	15.99
1991	27.73	35.91	43.21	27.26	14.01	5.26	0.54	0.21	0.20	0.68	2.14	2.46
1992	7.10	8.04	7.35	3.50	0.95	0.06	0.04	0.27	0.01	0.74	0.60	4.53
1993	19.46	25.16	35.96	23.38	12.35	4.39	0.41	0.49	0.38	1.79	2.38	11.09
1994	43.97	78.39	59.32	38.52	20.04	8.73	1.39	0.41	0.39	0.33	0.82	4.94
1995	18.22	20.79	61.94	31.74	17.29	7.05	0.65	0.23	0.58	0.69	1.69	6.55
1996	21.73	51.51	48.23	36.53	20.48	9.30	1.47	0.45	0.42	0.33	1.60	6.47
1997	24.32	50.99	54.34	33.01	16.65	6.63	0.65	1.24	1.70	0.89	1.71	12.33
1998	42.64	56.07	49.77	29.93	15.01	5.29	0.52	0.26	0.16	0.58	2.44	10.49
1999	23.34	62.12	85.11	61.59	34.16	15.81	4.88	0.68	1.19	4.24	2.01	8.61
2000	38.74	61.28	75.83	47.86	25.75	11.36	2.43	0.60	0.44	5.37	1.25	8.14
2001	43.60	80.12	86.18	65.35	35.99	16.88	5.83	0.98	0.77	0.68	0.38	2.30
2002	8.08	48.16	63.45	46.06	25.95	12.18	6.63	0.61	0.65	1.67	3.91	11.68
2003	24.71	40.95	56.34	41.50	24.08	11.07	2.21	0.51	0.56	0.49	0.95	5.92
2004	33.36	53.39	45.31	30.61	15.98	6.45	1.65	0.46	0.51	0.32	0.22	2.64
2005	12.76	33.80	34.74	27.63	15.45	6.36	0.60	0.19	0.49	0.62	0.80	10.10
2006	34.68	57.51	74.79	51.27	29.46	13.80	3.80	0.60	0.83	4.06	3.66	5.93
2007	32.01	42.49	53.20	39.39	21.86	9.66	1.61	0.36	0.47	0.58	2.69	5.22
2008	38.33	43.59	43.94	26.44	13.27	3.98	0.42	0.24	0.13	0.94	0.33	6.55
2009	19.28	39.84	49.90	36.17	18.67	8.05	1.23	0.31	0.43	0.65	1.54	3.19
2010	23.89	39.66	39.78	28.40	14.89	5.41	0.53	0.20	0.19	1.15	0.26	6.43
2011	27.17	66.46	57.38	50.92	26.36	12.23	3.16	0.57	0.47	0.49	1.11	10.41
2012	39.12	79.46	69.01	51.82	29.93	14.48	4.14	0.63	1.62	1.54	1.30	21.00
2013	33.85	52.67	58.59	35.08	18.38	7.52	0.95	0.60	0.26	1.40	1.14	7.57
2014	26.83	27.47	33.88	26.83	14.49	5.66	0.78	0.37	1.89	1.67	1.45	1.95
2015	18.21	50.61	59.86	42.63	22.93	10.29	2.41	0.68	0.62	1.21	1.84	2.45
2016	4.52	33.08	31.69	25.55	13.41	5.24	0.64	0.19	0.12	0.96	0.51	3.49

ANEXO N° 71*Caudales calibrados y validados del modelo SWAT*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	6.70	8.66	8.09	6.00	3.52	2.00	1.38	1.13	1.03	1.46	1.06	0.97
1984	15.80	63.17	79.80	22.19	8.67	5.28	4.60	4.25	3.86	5.29	13.05	32.18
1985	13.27	34.33	33.77	23.45	10.40	6.18	4.89	4.26	3.84	3.44	3.72	10.50
1986	43.90	47.04	53.49	29.74	11.44	6.53	5.33	4.86	4.56	4.09	3.59	8.38
1987	45.61	25.18	13.36	6.54	3.94	3.09	3.16	2.74	2.08	2.04	2.34	1.83
1988	29.34	36.82	26.93	17.37	6.66	3.98	3.13	2.76	2.45	2.23	1.93	2.02
1989	18.29	45.95	42.27	22.84	8.81	5.03	4.14	3.75	3.39	2.95	2.78	2.43
1990	6.63	9.05	10.57	7.50	2.87	1.78	1.31	0.91	0.82	0.95	3.36	11.27
1991	23.49	27.64	32.75	12.07	5.48	3.87	3.34	2.85	2.49	2.19	2.53	3.92
1992	5.85	5.55	5.64	2.69	1.20	0.71	0.57	0.51	0.56	0.52	0.83	1.30
1993	20.09	21.34	26.80	10.11	5.21	3.12	2.32	2.09	2.05	2.43	2.96	8.42
1994	49.18	84.24	27.62	15.15	8.50	5.21	4.40	4.00	3.56	3.17	2.93	4.35
1995	16.93	17.77	64.78	13.61	5.28	3.20	2.57	2.27	2.06	2.09	2.15	4.28
1996	21.96	55.56	29.21	18.36	8.33	4.55	3.68	3.28	2.98	2.70	2.75	4.82
1997	24.59	51.94	38.55	14.35	6.34	4.24	3.62	3.50	3.48	3.62	3.39	8.53
1998	48.93	48.38	28.35	14.63	6.17	4.19	3.63	3.22	2.80	2.45	2.88	7.99
1999	25.09	78.02	79.95	23.43	10.43	6.13	5.11	4.61	4.26	6.04	5.87	5.78
2000	46.22	60.95	61.20	17.96	8.59	6.03	5.19	4.63	4.18	5.98	5.78	6.12
2001	51.50	86.75	70.97	30.55	11.99	7.19	6.24	5.55	4.96	4.44	3.85	3.87
2002	6.38	58.36	57.70	20.52	9.55	5.30	6.26	4.99	3.81	3.65	4.28	9.40
2003	22.13	34.57	51.60	22.77	8.60	5.16	4.33	3.92	3.60	3.15	2.97	4.79
2004	34.75	52.61	26.68	17.71	6.72	4.12	3.93	3.43	2.90	2.56	2.14	2.17
2005	11.01	30.85	26.27	16.81	5.82	3.16	2.43	2.16	1.97	2.03	1.95	6.09
2006	40.59	54.84	65.89	24.93	9.57	5.52	4.66	4.27	3.89	4.56	6.79	6.14
2007	31.61	33.67	46.31	20.18	8.29	4.79	4.04	3.63	3.24	2.90	3.56	5.32
2008	41.51	33.90	30.58	11.14	5.08	3.74	3.27	2.90	2.54	2.33	2.41	4.15
2009	18.37	36.98	43.04	17.79	6.76	3.96	3.25	3.06	2.68	2.41	2.41	3.62
2010	22.77	34.49	27.37	13.77	6.09	3.84	3.13	2.75	2.45	2.37	2.42	3.54
2011	31.13	76.17	34.73	29.77	9.49	5.25	4.37	4.01	3.58	3.24	2.87	6.90
2012	44.22	88.49	44.19	25.70	12.38	6.68	5.38	4.79	4.48	4.51	4.47	19.45
2013	31.78	46.99	49.28	13.42	6.51	5.08	4.50	3.97	3.56	3.12	3.57	6.39
2014	26.72	18.91	24.92	14.94	6.47	3.55	2.85	2.60	2.66	3.42	3.14	2.46
2015	13.58	55.92	50.73	18.89	8.06	4.63	4.02	3.72	3.38	3.04	3.52	3.59
2016	4.38	33.81	23.31	11.46	5.62	3.00	2.23	1.92	1.60	1.50	1.75	1.87

ANEXO N° 72*Promedio de precipitación acumulada mensual de la cuenca- Periodo histórico*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	185.04	205.73	67.45	51.38	2.17	0.01	0.23	21.51	10.47	20.47	34.42	91.86
1982	124.01	76.85	119.20	29.31	0.16	0.02	0.08	3.14	48.00	73.43	95.22	30.68
1983	43.88	60.73	54.66	36.51	5.68	0.47	0.37	0.14	20.31	12.77	1.83	37.37
1984	187.59	230.78	243.49	23.61	3.12	4.58	1.05	6.35	0.51	75.68	115.85	110.83
1985	25.86	199.62	110.19	61.47	10.55	9.39	0.26	0.85	11.20	1.42	49.64	134.18
1986	163.04	171.79	174.48	75.33	7.26	0.00	0.54	11.50	12.67	6.82	18.30	132.66
1987	203.73	61.58	29.87	16.78	1.24	0.76	17.05	2.13	1.06	30.82	17.52	27.67
1988	221.06	99.37	116.94	56.20	7.60	0.02	0.11	0.10	2.51	7.57	3.32	70.60
1989	155.48	148.45	165.22	47.01	7.41	1.55	0.91	3.09	0.86	4.71	16.22	16.22
1990	112.59	38.96	68.49	24.03	8.28	14.21	0.03	5.33	5.96	38.09	75.71	108.06
1991	107.19	96.38	126.96	20.58	5.68	9.62	0.74	0.11	3.57	18.72	40.36	36.22
1992	60.22	51.18	23.83	2.58	0.13	1.24	1.50	9.53	1.76	20.04	18.63	71.86
1993	174.72	54.97	99.37	42.88	5.52	0.40	0.55	9.52	10.67	40.30	46.38	98.60
1994	232.44	225.88	97.56	41.54	5.94	0.07	0.71	0.19	4.56	4.20	20.99	79.44
1995	121.39	75.66	197.40	21.31	2.95	0.02	0.01	0.80	13.34	10.34	36.72	76.06
1996	163.17	201.60	89.88	53.04	7.41	0.12	0.32	4.70	7.64	7.04	34.46	91.35
1997	151.00	190.27	102.47	24.68	7.58	0.00	0.06	20.58	36.91	11.41	33.91	111.17
1998	217.36	134.38	96.02	19.13	0.04	0.66	0.03	0.09	0.07	14.16	45.97	98.64
1999	140.46	252.12	223.48	51.11	4.90	0.01	0.24	0.01	25.75	55.60	13.76	92.56
2000	222.69	202.34	172.88	12.76	11.82	2.26	0.38	3.07	3.42	64.17	11.57	98.44
2001	236.80	250.09	187.16	73.51	11.92	0.65	6.53	4.12	8.68	10.48	5.33	43.94
2002	103.58	238.85	167.84	63.61	9.41	2.30	23.91	0.30	11.63	34.54	64.43	92.84
2003	114.75	146.14	171.53	29.94	7.24	1.33	0.51	3.16	9.38	9.09	19.19	85.06
2004	182.58	158.66	110.71	36.13	1.17	0.80	14.83	7.40	11.60	6.22	7.46	56.34
2005	106.14	151.75	109.97	36.70	0.07	0.00	0.02	0.40	11.62	14.08	19.89	118.77
2006	195.96	167.79	205.48	38.53	1.54	0.63	0.32	1.79	15.02	39.65	49.56	63.68
2007	152.69	147.06	173.91	37.06	6.16	0.00	2.65	0.03	9.48	14.25	37.74	76.04
2008	214.33	133.22	88.26	2.33	1.33	0.12	0.14	0.64	0.51	23.25	7.29	97.62
2009	112.99	178.75	114.16	51.65	4.04	0.00	8.01	0.13	9.99	11.60	39.53	47.39
2010	178.76	145.58	86.38	36.82	5.60	0.05	0.50	0.09	2.48	25.22	5.92	99.62
2011	185.88	236.51	111.94	70.57	7.55	0.01	4.15	2.71	7.19	7.65	27.10	128.80
2012	195.07	274.24	146.69	74.60	3.36	0.96	0.51	0.14	26.63	27.45	17.01	173.30
2013	146.05	174.83	131.53	4.73	11.70	10.10	4.24	7.80	0.38	33.12	20.38	95.00
2014	146.23	71.64	111.57	45.03	2.79	0.00	4.42	5.69	50.24	24.75	17.66	38.98
2015	160.33	184.37	155.85	56.85	4.67	0.13	9.42	8.63	12.80	24.87	31.99	41.42
2016	47.21	213.06	66.17	57.63	3.83	4.21	4.66	2.71	2.18	24.65	13.60	64.88

ANEXO N° 73*Promedio de temperatura media mensual de la cuenca - Periodo Histórico*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	7.44	7.51	7.21	5.85	4.79	3.15	3.34	3.84	4.62	6.76	7.69	8.05
1982	7.25	7.54	7.40	6.25	4.24	3.47	3.65	4.45	5.36	6.83	7.73	7.37
1983	8.67	8.43	8.54	7.51	5.53	3.94	3.90	5.33	5.45	6.62	6.96	7.38
1984	6.29	7.06	7.24	6.39	5.42	4.21	2.93	3.62	4.57	7.10	7.13	6.86
1985	6.59	7.04	7.37	6.49	5.76	4.09	2.34	4.60	5.66	6.29	6.70	6.81
1986	7.27	6.48	7.08	6.56	3.99	3.86	2.43	3.96	5.54	6.13	7.37	7.76
1987	7.81	8.02	7.34	6.62	5.31	4.06	3.47	4.92	5.87	6.97	8.29	8.04
1988	7.94	7.90	7.63	6.87	5.64	3.58	3.47	4.83	6.02	6.88	7.25	7.05
1989	7.14	6.68	6.61	6.40	5.52	4.18	2.97	3.83	5.34	7.00	6.41	6.80
1990	7.43	6.58	7.12	6.49	5.52	3.99	2.83	4.21	4.90	7.18	8.15	7.37
1991	7.79	7.79	7.44	6.49	5.44	3.22	2.93	4.69	5.18	6.84	6.82	6.70
1992	7.26	7.08	6.98	6.21	5.55	4.25	2.96	3.56	4.69	6.43	6.69	7.29
1993	6.91	6.82	7.08	6.81	5.37	3.90	3.39	4.04	5.12	7.04	7.77	7.90
1994	7.30	7.34	7.24	6.85	5.50	3.68	3.51	4.51	6.12	6.62	7.60	8.06
1995	8.07	7.55	7.39	6.72	5.24	3.98	3.70	5.18	6.08	6.99	7.43	7.02
1996	7.07	7.64	7.56	7.29	5.93	3.75	3.38	4.90	5.87	7.21	7.20	7.64
1997	6.92	7.16	6.84	5.79	4.96	2.62	3.95	4.36	6.09	7.50	7.87	8.78
1998	9.45	9.45	9.26	8.03	5.77	5.04	4.16	5.25	5.76	7.63	7.47	7.63
1999	7.82	7.08	7.02	6.92	5.78	3.68	3.42	4.80	5.23	7.16	6.87	7.38
2000	7.05	6.98	7.16	7.07	5.97	3.84	3.11	4.95	5.55	6.97	6.82	7.44
2001	7.01	7.36	7.34	6.79	5.54	4.65	3.66	4.43	6.21	7.76	8.02	8.05
2002	8.09	7.64	7.75	6.92	6.11	5.20	3.40	4.95	6.09	7.69	8.03	8.28
2003	8.53	8.43	7.91	6.97	6.08	4.24	3.68	4.53	5.39	7.30	7.76	8.30
2004	7.63	7.83	8.30	6.98	5.12	4.10	3.36	4.77	6.26	7.28	7.98	8.18
2005	8.04	8.23	8.18	7.48	5.50	3.76	4.24	4.50	5.41	7.12	7.63	7.91
2006	7.57	8.03	8.05	7.07	5.03	4.57	3.60	5.33	5.62	7.35	8.05	8.18
2007	8.88	7.92	7.82	7.27	5.96	5.24	3.64	4.94	6.51	7.30	7.53	7.49
2008	7.51	7.24	7.05	6.06	4.41	4.32	3.34	4.35	5.47	7.57	8.20	7.54
2009	8.08	7.81	7.70	7.19	5.62	3.90	3.93	4.40	6.48	7.99	8.76	8.51
2010	8.77	9.36	9.09	7.95	6.34	5.58	3.83	5.40	6.37	7.14	7.27	7.42
2011	7.81	7.24	7.36	7.01	5.88	4.49	3.73	5.16	6.43	6.78	8.35	7.61
2012	7.59	7.15	7.72	7.02	5.57	4.32	4.13	4.71	6.53	7.76	8.37	7.87
2013	8.29	8.17	8.06	6.91	6.27	4.77	4.66	4.96	6.04	7.77	8.18	8.24
2014	8.05	8.27	7.98	7.57	5.59	5.55	4.65	5.22	6.89	8.21	8.15	8.56
2015	8.01	8.14	7.95	7.44	6.03	5.72	4.00	5.18	6.69	7.85	8.42	8.37
2016	9.22	9.53	9.29	7.87	6.09	4.81	4.51	5.32	6.53	7.42	7.37	8.16

ANEXO N° 74

Criterios de evaluación de comparación de datos observados con modelo climáticos de precipitación

Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
ACCESS-CM2	RMSE	4.53	4.88	5.51	4.00	5.27	4.67	5.83	5.58	3.03	3.56	3.99	4.65	4.92	3.33	3.77	4.05	4.58	3.32	3.39	3.49	3.47	3.29
	PBIAS	3.59	4.70	5.26	2.05	0.08	3.11	3.71	4.45	2.56	2.78	2.52	2.51	3.73	2.82	3.04	2.83	2.93	2.83	2.56	2.62	2.66	2.31
	R	0.35	0.35	0.33	0.34	0.27	0.27	0.22	0.28	0.32	0.32	0.27	0.25	0.27	0.30	0.29	0.29	0.26	0.28	0.28	0.27	0.25	0.28
ACCESS-ESM1-5	RMSE	4.33	4.62	5.21	3.85	5.39	4.48	5.69	5.33	2.93	3.47	3.94	4.62	4.74	3.23	3.72	3.99	4.47	3.20	3.29	3.42	3.46	3.26
	PBIAS	-2.00	-1.97	-2.22	-2.01	0.29	-2.59	-4.13	-2.64	-1.75	-1.61	-2.02	-2.23	-2.58	1.95	-2.15	-2.13	-2.67	-2.15	-2.27	-2.27	-2.55	-2.32
	R	0.38	0.39	0.38	0.38	0.28	0.31	0.25	0.32	0.36	0.36	0.31	0.28	0.31	0.34	0.33	0.32	0.30	0.33	0.32	0.31	0.27	0.31
AWI-ESM1-REcoM	RMSE	4.30	4.60	5.18	3.85	5.21	4.50	5.63	5.31	2.94	3.47	3.98	4.65	4.76	3.27	3.73	4.01	4.50	3.26	3.34	3.47	3.49	3.29
	PBIAS	2.45	2.47	2.76	2.10	-0.03	3.31	4.90	3.43	1.70	1.67	1.53	1.90	2.75	1.97	1.91	1.88	2.34	2.27	2.31	1.90	2.10	1.74
	R	0.38	0.38	0.37	0.37	0.30	0.29	0.24	0.31	0.35	0.35	0.29	0.26	0.29	0.32	0.31	0.31	0.28	0.30	0.30	0.29	0.26	0.29
CMCC-ESM2	RMSE	5.21	5.57	6.28	4.13	5.43	5.11	6.47	5.96	3.14	3.87	4.42	5.16	5.33	3.58	4.12	4.44	5.04	3.57	3.68	3.82	3.85	3.62
	PBIAS	-2.38	-2.29	-2.57	-0.10	-0.46	-1.46	-2.31	-0.95	-0.24	-1.33	-2.02	-2.47	-1.35	-1.30	-1.45	-1.50	-1.98	-1.34	-1.38	-1.64	-2.51	-1.97
	R	0.30	0.31	0.29	0.35	0.27	0.25	0.22	0.27	0.33	0.30	0.25	0.23	0.25	0.30	0.28	0.27	0.24	0.28	0.27	0.26	0.23	0.26
CNRM-CM6-1	RMSE	4.71	4.93	5.57	4.29	5.49	5.00	6.36	5.73	3.24	3.85	4.41	5.12	5.19	3.61	4.14	4.41	4.97	3.48	3.56	3.69	3.69	3.49
	PBIAS	0.35	0.93	1.13	-0.50	-0.63	-0.65	-1.01	0.65	-0.59	-0.90	-1.75	-1.94	-0.45	-0.82	-1.07	-1.18	-1.36	-0.17	-0.05	-0.22	-0.69	-0.45
	R	0.35	0.36	0.35	0.33	0.27	0.27	0.23	0.30	0.31	0.30	0.26	0.24	0.28	0.28	0.27	0.28	0.25	0.27	0.26	0.25	0.23	0.25
CNRM-ESM2-1	RMSE	4.74	4.99	5.62	4.23	5.47	5.01	6.38	5.78	3.19	3.80	4.38	5.09	5.20	3.55	4.08	4.36	4.93	3.41	3.49	3.61	3.59	3.40
	PBIAS	0.33	0.80	1.00	-0.39	-0.60	-0.62	-0.90	0.48	-0.50	-0.87	-1.70	-1.82	-0.54	-0.89	-1.15	-1.20	-1.34	-0.57	-0.59	-0.70	-1.09	-0.71
	R	0.34	0.35	0.34	0.33	0.27	0.26	0.22	0.28	0.32	0.31	0.26	0.24	0.27	0.31	0.29	0.28	0.26	0.30	0.30	0.29	0.27	0.29
CanESM5-1	RMSE	5.15	5.54	5.93	4.49	5.56	5.35	6.53	6.04	3.35	3.97	4.51	5.14	5.38	3.71	4.22	4.43	5.04	3.64	3.75	3.84	3.83	3.65
	PBIAS	25.73	25.71	-1.37	20.42	4.20	17.64	-3.02	-1.79	20.30	19.41	17.58	-2.50	-2.09	19.91	18.82	-1.88	-2.44	21.34	19.92	-2.04	21.08	-2.14
	R	0.22	0.22	0.31	0.23	0.24	0.18	0.20	0.26	0.23	0.22	0.19	0.22	0.24	0.22	0.22	0.26	0.24	0.21	0.21	0.25	0.19	0.24
CanESM5	RMSE	5.11	5.48	5.86	4.51	5.47	5.36	6.54	6.00	3.35	3.97	4.54	5.15	5.34	3.69	4.22	4.39	4.99	3.67	3.76	3.78	3.95	3.57
	PBIAS	23.71	23.44	-1.23	18.33	4.81	18.54	-2.77	-1.62	18.58	17.61	15.98	-2.51	-2.03	17.69	17.45	-1.91	-2.38	19.01	18.05	-2.04	14.58	-2.05
	R	0.25	0.26	0.32	0.25	0.25	0.19	0.20	0.27	0.25	0.24	0.20	0.23	0.26	0.25	0.23	0.29	0.26	0.23	0.23	0.28	0.20	0.28
EC-Earth3-CC	RMSE	4.36	4.62	5.22	3.94	5.42	4.56	5.75	5.31	2.98	3.56	4.10	4.74	4.76	3.33	3.84	4.11	4.59	3.28	3.38	3.53	3.55	3.37
	PBIAS	3.08	3.40	3.91	2.34	-0.51	3.62	5.12	4.31	1.99	1.75	1.35	1.74	3.61	1.84	1.88	1.86	2.59	2.04	2.09	1.78	1.33	1.21

Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
EC-Earth3-Veg-LR	R	0.37	0.38	0.37	0.36	0.27	0.29	0.24	0.31	0.35	0.33	0.27	0.26	0.30	0.32	0.30	0.30	0.28	0.32	0.31	0.29	0.27	0.29
	RMSE	4.80	5.07	5.73	4.36	5.51	5.10	6.51	5.84	3.30	3.91	4.52	5.27	5.28	3.68	4.20	4.49	5.10	3.69	3.77	3.90	4.01	3.73
	PBIAS	1.65	2.33	2.68	0.31	-0.54	0.73	0.46	2.36	-0.01	-0.37	-1.48	-1.74	1.25	-0.33	-0.54	-0.60	-0.64	-0.70	-0.64	-0.85	-2.41	-1.56
	R	0.33	0.33	0.31	0.32	0.26	0.24	0.20	0.27	0.30	0.29	0.23	0.22	0.25	0.27	0.26	0.26	0.24	0.25	0.25	0.25	0.21	0.25
EC-Earth3	RMSE	4.36	4.60	5.16	3.94	5.47	4.50	5.66	5.24	2.97	3.50	4.00	4.64	4.70	3.30	3.75	3.99	4.52	3.27	3.36	3.48	3.55	3.36
	PBIAS	2.94	3.41	3.86	2.35	-0.53	3.60	5.17	4.04	2.00	1.79	1.35	1.58	3.32	1.79	1.73	1.68	2.36	2.35	2.47	2.44	2.37	2.16
	R	0.37	0.39	0.38	0.36	0.27	0.31	0.27	0.34	0.35	0.35	0.31	0.29	0.33	0.33	0.34	0.34	0.31	0.31	0.31	0.31	0.26	0.29
GFDL-ESM4	RMSE	5.13	5.49	6.18	4.54	5.53	5.39	6.87	6.24	3.40	4.05	4.64	5.41	5.56	3.33	4.33	4.65	5.27	3.70	3.82	3.99	3.96	3.76
	PBIAS	-1.24	-1.16	-1.22	-1.84	-0.40	-2.44	-4.03	-1.90	-1.71	-1.92	-2.82	-3.44	-2.16	1.84	-2.34	-2.57	-3.07	-2.02	-2.29	-2.67	-3.44	-2.83
	R	0.30	0.30	0.28	0.30	0.25	0.22	0.18	0.25	0.29	0.27	0.23	0.21	0.23	0.32	0.26	0.25	0.22	0.26	0.25	0.23	0.22	0.24
HadGEM3-GC31-LL	RMSE	4.58	4.93	5.50	4.03	5.25	4.74	5.86	5.61	3.05	3.58	4.03	4.69	4.98	3.33	3.80	4.07	4.59	3.30	3.38	3.49	3.44	3.24
	PBIAS	3.00	3.87	4.74	3.16	1.15	2.79	4.79	3.69	2.79	3.29	3.05	2.21	4.15	3.17	4.72	2.82	3.75	3.60	4.07	3.59	3.12	2.81
	R	0.35	0.35	0.35	0.34	0.27	0.27	0.23	0.29	0.32	0.32	0.27	0.25	0.27	0.31	0.29	0.30	0.27	0.30	0.29	0.28	0.27	0.30
INM-CM4-8	RMSE	5.51	5.76	6.52	5.04	5.92	5.94	7.94	6.80	3.76	4.50	5.21	6.14	6.12	4.18	4.81	5.14	5.92	4.13	4.25	4.43	4.56	4.27
	PBIAS	-1.28	-0.85	-1.03	-2.35	-0.87	-3.33	-5.97	-2.00	-2.30	-2.71	-4.19	-5.09	-2.82	-2.99	-3.24	-3.44	-4.31	-3.09	-3.40	-3.74	-5.66	-4.33
	R	0.30	0.31	0.30	0.29	0.25	0.24	0.19	0.26	0.28	0.28	0.25	0.23	0.24	0.27	0.28	0.28	0.23	0.25	0.26	0.26	0.21	0.24
INM-CM5-0	RMSE	5.57	5.88	6.63	5.04	5.87	5.97	7.86	6.81	3.78	4.48	5.16	6.08	6.12	4.19	4.78	5.13	5.91	4.17	4.29	4.47	4.57	4.28
	PBIAS	-1.30	-1.11	-1.22	-2.09	-0.61	-3.11	-5.59	-1.98	-2.08	-2.32	-3.68	-4.49	-2.61	-2.86	-2.96	-3.25	-4.03	-3.16	-3.22	-3.49	-5.61	-4.13
	R	0.27	0.28	0.27	0.26	0.24	0.20	0.16	0.22	0.25	0.24	0.20	0.18	0.21	0.23	0.23	0.22	0.19	0.22	0.22	0.21	0.18	0.20
IPSL-CM6A-LR	RMSE	4.41	4.73	5.32	3.87	5.33	4.54	5.62	5.37	2.92	3.43	3.88	4.51	4.74	3.18	3.61	3.89	4.41	3.18	3.23	3.34	3.35	3.13
	PBIAS	16.35	15.79	16.35	9.41	-0.33	11.23	10.27	17.15	9.61	8.54	8.70	9.79	9.70	8.16	8.79	10.03	10.80	9.43	8.95	10.07	10.69	2.01
	R	0.32	0.34	0.32	0.33	0.27	0.26	0.23	0.26	0.31	0.32	0.27	0.24	0.27	0.32	0.31	0.30	0.26	0.30	0.30	0.29	0.26	0.32
KACE-1-0-G	RMSE	4.62	4.91	5.51	4.06	5.36	4.71	5.85	5.56	3.06	3.60	4.08	4.70	4.93	3.38	3.84	4.10	4.65	3.35	3.43	3.55	3.55	3.37
	PBIAS	1.97	1.68	1.66	1.08	0.01	1.35	2.22	1.47	1.17	1.05	0.84	1.12	1.91	-0.68	1.12	1.00	1.23	1.35	1.26	0.93	1.09	1.24
	R	0.33	0.34	0.33	0.33	0.26	0.27	0.24	0.29	0.32	0.32	0.27	0.26	0.28	0.31	0.30	0.30	0.26	0.29	0.28	0.28	0.24	0.27
KIOST-ESM	RMSE	5.81	6.14	6.92	5.18	5.85	6.33	8.35	7.17	3.88	4.64	5.37	6.30	6.42	4.36	5.00	5.33	6.13	4.38	4.49	4.61	4.75	4.38
	PBIAS	-2.67	-2.54	-2.87	-3.38	-0.75	-5.00	-8.16	-3.82	-3.30	-3.52	-4.96	-6.01	-4.39	-3.97	-4.23	-4.33	-5.66	-4.38	-4.60	-4.81	-6.84	-5.29
	R	0.27	0.28	0.27	0.26	0.25	0.20	0.16	0.22	0.25	0.24	0.20	0.18	0.20	0.23	0.22	0.21	0.19	0.22	0.21	0.21	0.18	0.21

Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
MIROC6	RMSE	4.74	5.03	5.69	4.25	5.43	4.99	6.36	5.77	3.18	3.80	4.37	5.06	5.15	3.54	4.06	4.33	4.92	3.41	3.48	3.60	3.62	3.42
	PBIAS	-0.15	0.06	0.16	-0.60	-0.36	-0.37	-0.71	-0.15	-0.67	-0.86	-1.44	-1.69	-0.61	-0.79	-0.99	-1.13	-1.18	3.34	3.17	3.04	2.54	2.91
	R	0.35	0.35	0.33	0.34	0.28	0.26	0.21	0.29	0.33	0.31	0.26	0.25	0.28	0.31	0.29	0.29	0.26	0.28	0.28	0.27	0.24	0.26
MRI-ESM2-0	RMSE	4.37	4.68	5.27	3.87	5.27	4.46	5.57	5.31	2.92	3.43	3.87	4.52	4.72	3.22	3.65	3.93	4.44	3.21	3.28	3.39	3.38	3.20
	PBIAS	1.87	1.79	2.10	1.98	-0.09	2.64	4.63	2.64	1.85	1.74	2.19	2.43	2.65	2.14	2.37	2.16	2.72	2.23	2.49	2.61	2.82	2.58
	R	0.37	0.37	0.36	0.36	0.28	0.30	0.25	0.31	0.35	0.34	0.30	0.28	0.30	0.33	0.32	0.32	0.28	0.31	0.31	0.30	0.28	0.30
NorESM2-LM	RMSE	4.42	4.69	5.31	3.97	5.32	4.69	5.95	5.54	3.04	3.64	4.20	4.90	5.09	3.37	3.89	4.19	4.75	3.35	3.45	3.58	3.58	3.35
	PBIAS	1.42	1.66	2.06	0.74	-0.33	1.49	2.08	1.88	0.33	0.32	-0.09	-0.31	0.61	0.35	0.39	0.26	0.32	0.41	0.43	0.18	-0.24	-0.04
	R	0.38	0.39	0.37	0.38	0.29	0.29	0.24	0.30	0.37	0.34	0.28	0.25	0.28	0.34	0.32	0.31	0.27	0.33	0.32	0.30	0.28	0.32
NorESM2-MM	RMSE	4.85	5.21	5.91	4.10	5.36	4.97	6.28	5.84	3.07	3.73	4.27	5.02	5.22	3.47	3.97	4.28	4.84	3.46	3.54	3.69	3.70	3.48
	PBIAS	0.28	0.38	0.31	1.75	0.23	0.45	-0.11	1.42	1.66	1.01	0.55	0.33	0.82	0.96	1.37	1.10	0.99	0.95	1.33	1.14	0.08	0.61
	R	0.34	0.34	0.32	0.36	0.28	0.26	0.22	0.28	0.36	0.32	0.26	0.24	0.26	0.31	0.30	0.29	0.27	0.30	0.29	0.28	0.25	0.28
TaiESM1	RMSE	5.23	5.58	6.27	4.11	5.42	5.10	6.50	5.97	3.10	3.81	4.36	5.10	5.29	3.57	4.08	4.37	4.97	3.55	3.65	3.77	3.80	3.58
	PBIAS	-2.51	-2.41	-2.61	-0.17	-0.50	-1.59	-2.46	-1.21	-0.18	-1.45	-2.02	-2.43	-1.61	-1.64	-1.66	-1.77	-2.20	-1.59	-1.60	-1.92	-2.54	-2.09
	R	0.30	0.30	0.29	0.35	0.27	0.25	0.20	0.26	0.33	0.31	0.26	0.23	0.26	0.30	0.29	0.28	0.25	0.28	0.28	0.27	0.24	0.27
UKESM1-0-LL	RMSE	4.44	4.79	5.39	3.87	5.22	4.57	5.67	5.48	2.93	3.45	3.90	4.51	4.81	3.21	3.69	3.94	4.42	3.19	3.27	3.37	3.35	3.16
	PBIAS	1.33	1.34	1.52	1.35	-0.11	0.61	2.12	1.10	1.49	1.12	0.95	1.71	0.92	-0.19	1.26	0.80	0.87	1.27	1.43	2.05	1.35	1.57
	R	0.37	0.37	0.36	0.38	0.28	0.30	0.25	0.30	0.36	0.35	0.30	0.28	0.30	0.34	0.32	0.32	0.31	0.33	0.32	0.32	0.29	0.32

Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
EC-Earth3-Veg-LR	R	0.57	0.53	0.44	0.53	0.51	0.42	0.36	0.39	0.48	0.46	0.39	0.36	0.37	0.48	0.43	0.38	0.39	0.37	0.40	0.41	0.42	0.43
	RMSE	2.06	2.08	2.12	2.15	2.10	2.19	2.17	2.08	2.13	2.09	2.14	2.11	2.17	2.06	2.09	2.22	2.18	2.13	2.08	2.05	2.03	1.99
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EC-Earth3	R	0.56	0.53	0.43	0.52	0.51	0.41	0.35	0.38	0.47	0.46	0.38	0.35	0.37	0.47	0.43	0.37	0.38	0.37	0.40	0.40	0.41	0.43
	RMSE	2.02	2.04	2.10	2.11	2.06	2.16	2.14	2.05	2.09	2.06	2.12	2.09	2.15	2.02	2.06	2.18	2.15	2.09	2.05	2.02	2.00	1.96
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GFDL-ESM4	R	0.58	0.55	0.44	0.54	0.53	0.42	0.37	0.39	0.48	0.47	0.40	0.37	0.38	0.49	0.44	0.39	0.40	0.39	0.41	0.42	0.43	0.44
	RMSE	2.05	2.07	2.13	2.15	2.09	2.19	2.17	2.08	2.13	2.09	2.15	2.12	2.18	2.06	2.09	2.22	2.19	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HadGEM3-GC31-LL	R	0.57	0.53	0.43	0.53	0.51	0.41	0.35	0.38	0.47	0.45	0.38	0.35	0.36	0.47	0.42	0.37	0.38	0.37	0.40	0.41	0.41	0.42
	RMSE	2.11	2.12	2.15	2.19	2.14	2.22	2.19	2.10	2.17	2.12	2.18	2.14	2.21	2.11	2.13	2.26	2.23	2.18	2.13	2.10	2.07	2.04
	PBIAS	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
INM-CM4-8	R	0.54	0.51	0.41	0.51	0.49	0.39	0.34	0.37	0.44	0.44	0.36	0.34	0.35	0.45	0.40	0.34	0.36	0.34	0.37	0.37	0.38	0.40
	RMSE	2.00	2.02	2.07	2.10	2.04	2.13	2.12	2.03	2.08	2.04	2.09	2.06	2.12	2.00	2.04	2.17	2.13	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
INM-CM5-0	R	0.59	0.55	0.46	0.55	0.54	0.44	0.38	0.41	0.49	0.48	0.41	0.38	0.39	0.50	0.45	0.40	0.41	0.40	0.43	0.44	0.44	0.45
	RMSE	2.02	2.03	2.10	2.12	2.05	2.16	2.15	2.06	2.10	2.06	2.12	2.09	2.15	2.02	2.06	2.19	2.16	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95
	PBIAS	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
IPSL-CM6A-LR	R	0.58	0.55	0.44	0.54	0.53	0.42	0.36	0.39	0.48	0.47	0.40	0.37	0.38	0.49	0.44	0.39	0.40	0.39	0.42	0.43	0.44	0.45
	RMSE	2.06	2.08	2.12	2.15	2.10	2.19	2.16	2.07	2.13	2.09	2.15	2.11	2.17	2.06	2.09	2.22	2.18	2.13	2.08	2.05	2.03	1.99
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
KACE-1-0-G	R	0.56	0.53	0.43	0.52	0.51	0.41	0.35	0.38	0.46	0.45	0.38	0.35	0.36	0.47	0.42	0.37	0.38	0.37	0.40	0.40	0.41	0.42
	RMSE	2.08	2.10	2.15	2.18	2.12	2.22	2.20	2.11	2.16	2.12	2.17	2.14	2.20	2.08	2.12	2.25	2.21	2.15	2.11	2.08	2.05	2.02
	PBIAS	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
KIOST-ESM	R	0.55	0.52	0.41	0.51	0.50	0.39	0.33	0.36	0.45	0.44	0.37	0.33	0.35	0.46	0.41	0.35	0.37	0.35	0.38	0.39	0.40	0.41
	RMSE	2.10	2.12	2.14	2.17	2.13	2.21	2.18	2.09	2.12	2.08	2.13	2.10	2.16	2.06	2.08	2.20	2.17	2.13	2.09	2.06	2.03	1.99
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.55	0.51	0.42	0.52	0.49	0.40	0.34	0.37	0.47	0.46	0.39	0.36	0.37	0.47	0.43	0.38	0.39	0.36	0.39	0.40	0.41	0.43

Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
MIROC6	RMSE	2.11	2.13	2.16	2.20	2.15	2.23	2.21	2.12	2.18	2.13	2.18	2.15	2.21	2.11	2.13	2.27	2.24	2.17	2.13	2.10	2.08	2.04
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.54	0.50	0.41	0.50	0.48	0.39	0.32	0.35	0.44	0.43	0.36	0.33	0.34	0.45	0.40	0.34	0.35	0.34	0.37	0.37	0.38	0.40
MRI-ESM2-0	RMSE	2.05	2.06	2.10	2.12	2.08	2.17	2.14	2.05	2.10	2.07	2.12	2.09	2.15	2.05	2.06	2.19	2.16	2.12	2.07	2.04	2.01	1.97
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.57	0.53	0.44	0.54	0.52	0.42	0.37	0.40	0.48	0.47	0.39	0.37	0.38	0.48	0.44	0.39	0.40	0.37	0.40	0.41	0.42	0.44
NorESM2-LM	RMSE	2.07	2.08	2.11	2.13	2.10	2.17	2.14	2.06	2.10	2.06	2.12	2.09	2.15	2.05	2.05	2.18	2.15	2.13	2.08	2.05	2.02	1.97
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.56	0.53	0.44	0.53	0.51	0.42	0.36	0.39	0.48	0.47	0.40	0.37	0.38	0.48	0.44	0.39	0.41	0.36	0.40	0.41	0.42	0.44
NorESM2-MM	RMSE	2.02	2.04	2.10	2.11	2.05	2.17	2.13	2.05	2.09	2.07	2.12	2.09	2.16	2.01	2.06	2.18	2.14	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.58	0.54	0.44	0.54	0.53	0.42	0.37	0.39	0.49	0.47	0.39	0.37	0.37	0.50	0.44	0.39	0.41	0.40	0.42	0.43	0.44	0.45
TaiESM1	RMSE	2.10	2.11	2.13	2.16	2.14	2.20	2.17	2.09	2.14	2.11	2.16	2.13	2.19	2.10	2.10	2.23	2.20	2.18	2.13	2.10	2.07	2.02
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.55	0.51	0.42	0.52	0.49	0.40	0.35	0.37	0.46	0.45	0.37	0.34	0.36	0.45	0.42	0.36	0.38	0.34	0.37	0.38	0.39	0.41
UKESM1-0-LL	RMSE	2.10	2.12	2.15	2.18	2.14	2.22	2.18	2.09	2.16	2.11	2.17	2.14	2.20	2.10	2.11	2.24	2.21	2.17	2.13	2.10	2.07	2.02
	PBIAS	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.55	0.51	0.41	0.51	0.49	0.39	0.34	0.37	0.45	0.44	0.37	0.34	0.35	0.45	0.41	0.36	0.37	0.34	0.37	0.38	0.39	0.40

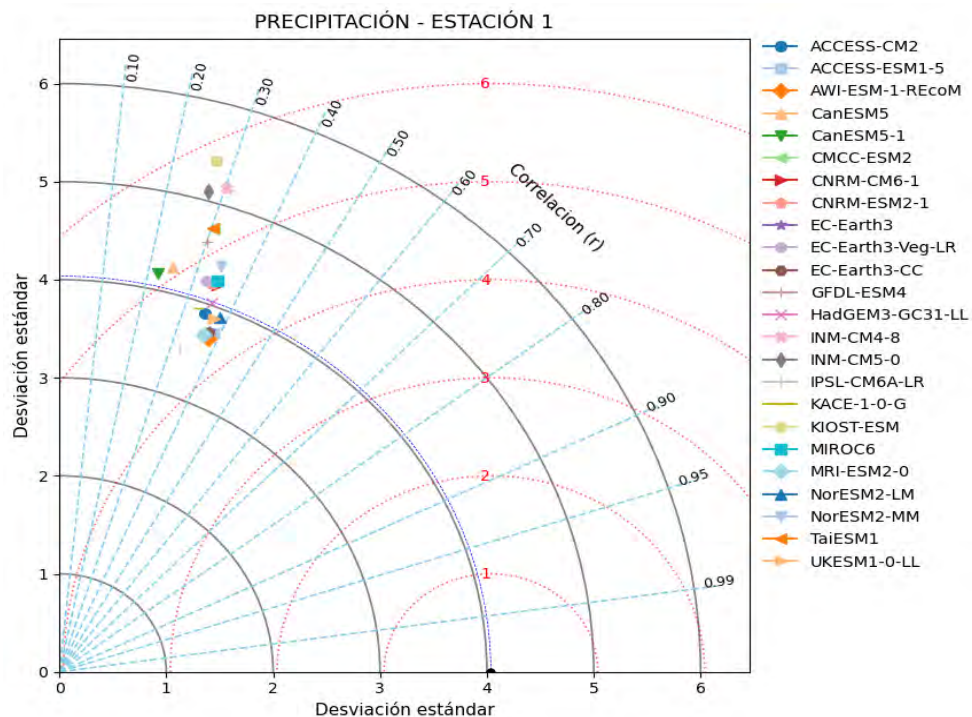
ANEXO N° 76

Criterio de evaluación de comparación de datos observados con modelos de climáticos de temperatura mínima

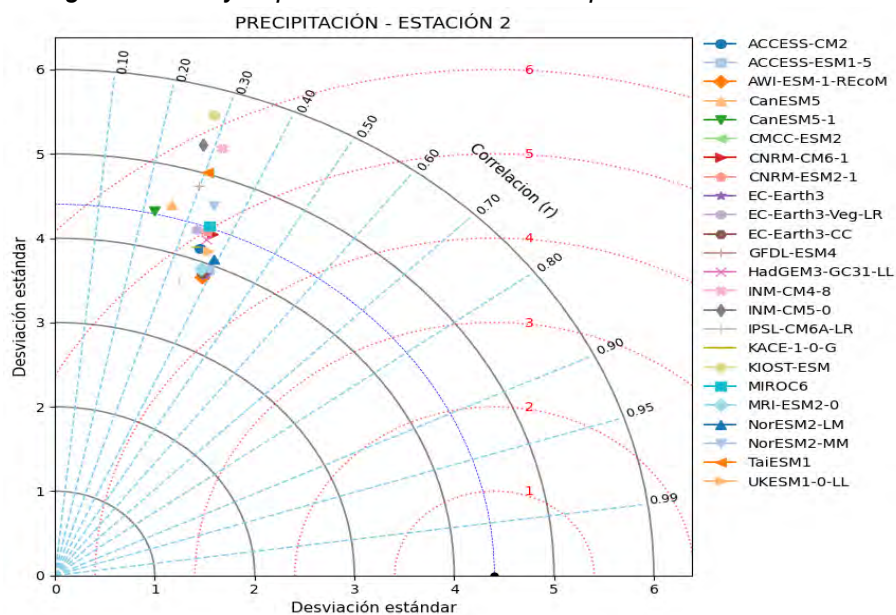
Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
ACCESS-CM2	RMSE	2.24	2.25	2.45	2.46	2.28	2.58	2.87	2.69	2.44	2.51	2.61	2.69	2.63	2.36	2.64	2.66	2.60	2.29	2.35	2.39	2.19	2.30
	PBIAS	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.69	0.68	0.71	0.78	0.67	0.73	0.75	0.80	0.76	0.72	0.77	0.79	0.80	0.74	0.78	0.76	0.77	0.67	0.70	0.75	0.69	0.75
ACCESS-ESM1-5	RMSE	2.23	2.24	2.44	2.46	2.26	2.57	2.87	2.68	2.44	2.50	2.60	2.68	2.63	2.35	2.64	2.65	2.59	2.27	2.34	2.38	2.18	2.30
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.69	0.68	0.71	0.78	0.67	0.73	0.75	0.80	0.76	0.73	0.77	0.80	0.80	0.74	0.78	0.77	0.77	0.67	0.70	0.76	0.70	0.75
AWI-ESM-1-REcoM	RMSE	2.29	2.30	2.51	2.53	2.32	2.65	2.95	2.77	2.51	2.58	2.68	2.76	2.71	2.41	2.72	2.73	2.67	2.32	2.40	2.44	2.24	2.36
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.67	0.66	0.69	0.77	0.65	0.72	0.73	0.78	0.74	0.71	0.75	0.78	0.79	0.73	0.76	0.75	0.75	0.66	0.68	0.74	0.68	0.73
CMCC-ESM2	RMSE	2.25	2.27	2.47	2.47	2.27	2.58	2.86	2.69	2.45	2.51	2.60	2.69	2.63	2.34	2.64	2.65	2.59	2.26	2.34	2.37	2.18	2.29
	PBIAS	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02
	R	0.68	0.67	0.70	0.78	0.67	0.73	0.75	0.80	0.75	0.72	0.77	0.79	0.80	0.74	0.78	0.77	0.77	0.67	0.70	0.76	0.70	0.75
CNRM-CM6-1	RMSE	2.25	2.26	2.45	2.47	2.28	2.58	2.87	2.70	2.45	2.52	2.61	2.69	2.64	2.36	2.65	2.67	2.61	2.33	2.40	2.44	2.24	2.36
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.69	0.68	0.71	0.78	0.66	0.73	0.75	0.80	0.75	0.72	0.77	0.79	0.80	0.74	0.78	0.76	0.76	0.66	0.68	0.74	0.68	0.73
CNRM-ESM2-1	RMSE	2.28	2.29	2.50	2.51	2.31	2.63	2.93	2.75	2.49	2.56	2.66	2.74	2.69	2.40	2.70	2.71	2.65	2.31	2.39	2.43	2.23	2.35
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.68	0.67	0.70	0.77	0.65	0.72	0.74	0.79	0.75	0.71	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.75	0.76	0.66	0.69	0.75	0.68	0.74
CanESM5-1	RMSE	2.27	2.28	2.45	2.50	2.31	2.63	2.88	2.70	2.48	2.56	2.65	2.69	2.63	2.38	2.69	2.65	2.59	2.30	2.38	2.38	2.22	2.30
	PBIAS	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.04	-0.01
	R	0.68	0.67	0.71	0.77	0.66	0.72	0.75	0.80	0.75	0.71	0.76	0.79	0.80	0.73	0.77	0.77	0.77	0.66	0.69	0.76	0.69	0.75
CanESM5	RMSE	2.24	2.25	2.44	2.46	2.27	2.59	2.87	2.69	2.45	2.52	2.62	2.68	2.62	2.35	2.66	2.65	2.59	2.28	2.34	2.37	2.19	2.29
	PBIAS	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
	R	0.69	0.68	0.71	0.78	0.67	0.73	0.75	0.80	0.75	0.72	0.76	0.80	0.80	0.74	0.78	0.77	0.77	0.67	0.70	0.76	0.70	0.75
EC-Earth3-CC	RMSE	2.18	2.20	2.38	2.41	2.22	2.51	2.81	2.64	2.39	2.45	2.54	2.63	2.58	2.30	2.59	2.60	2.54	2.21	2.29	2.33	2.13	2.25
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

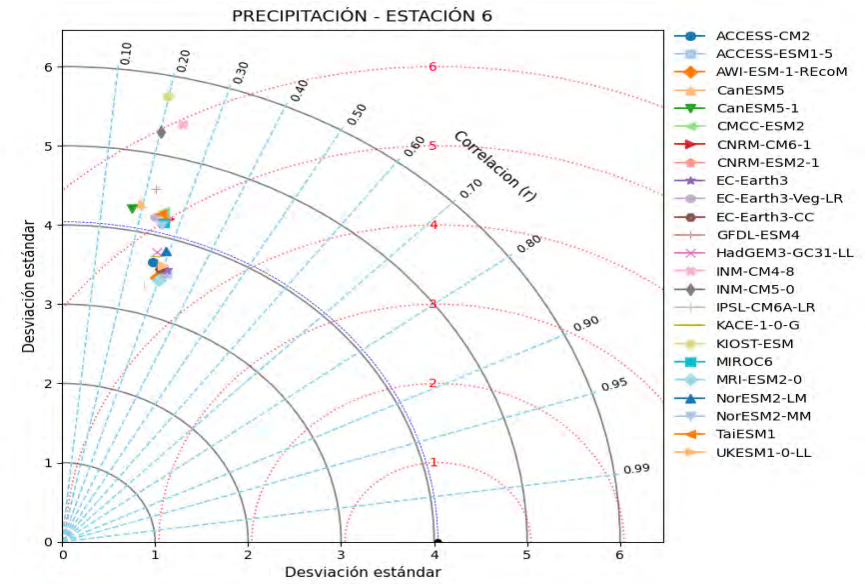
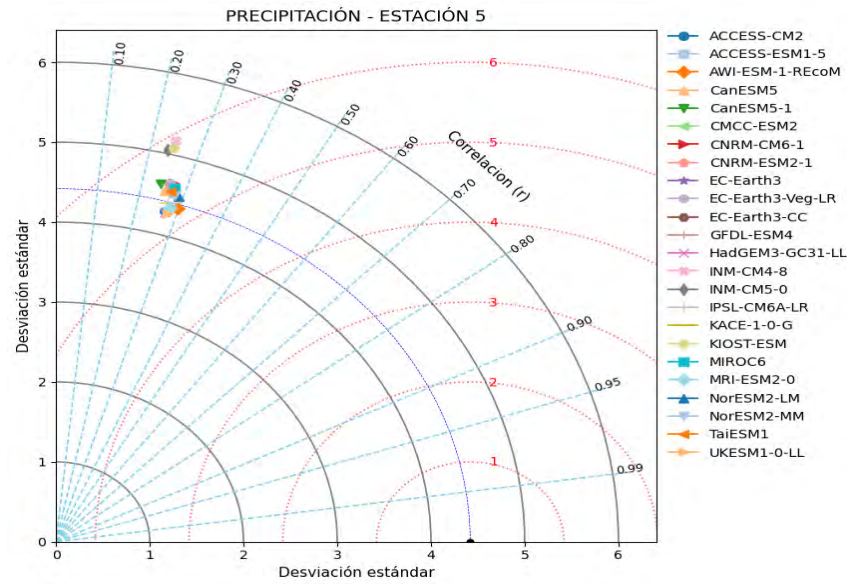
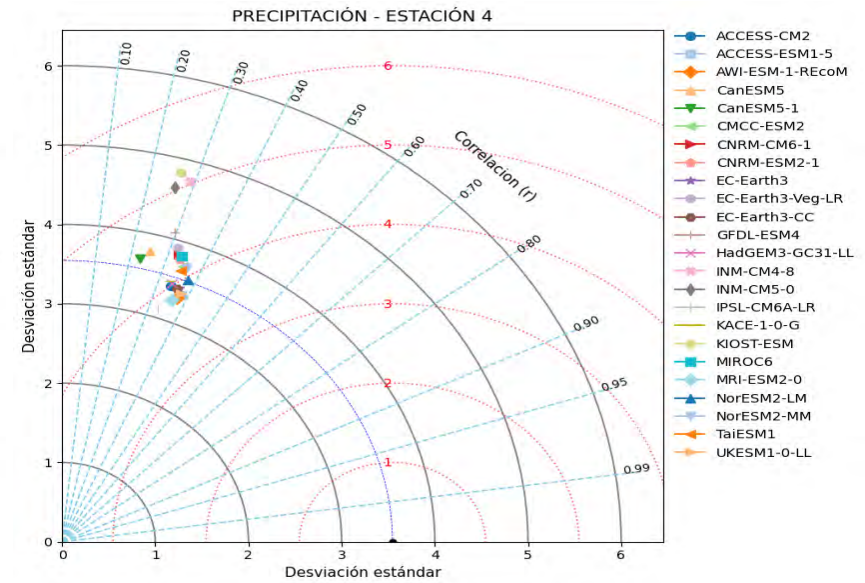
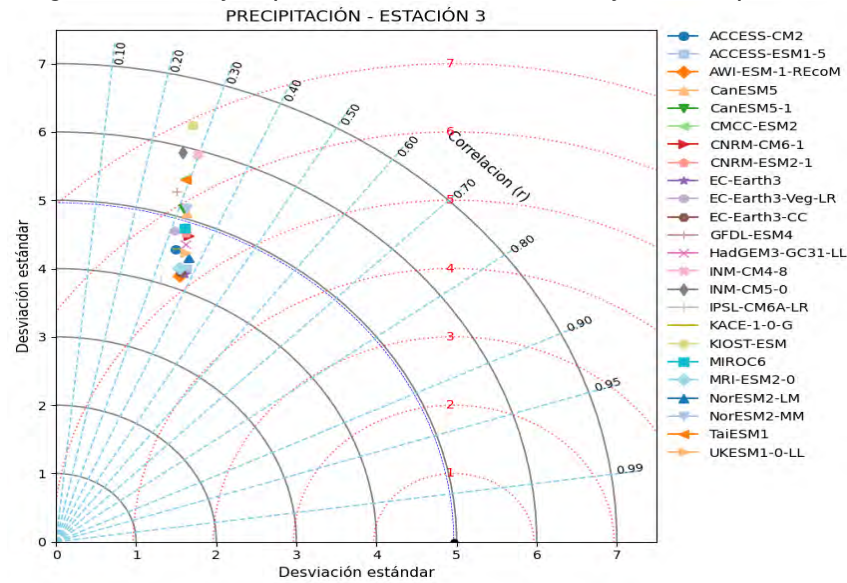
Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
EC-Earth3-Veg-LR	R	0.70	0.69	0.72	0.79	0.68	0.74	0.76	0.80	0.77	0.74	0.78	0.80	0.81	0.75	0.79	0.77	0.78	0.69	0.71	0.77	0.71	0.76
	RMSE	2.21	2.22	2.43	2.44	2.25	2.56	2.85	2.67	2.42	2.49	2.58	2.67	2.61	2.33	2.62	2.63	2.57	2.25	2.32	2.36	2.16	2.28
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.69	0.69	0.71	0.78	0.67	0.74	0.75	0.80	0.76	0.73	0.77	0.80	0.80	0.75	0.78	0.77	0.77	0.68	0.70	0.76	0.70	0.75
EC-Earth3	RMSE	2.20	2.21	2.41	2.43	2.23	2.55	2.84	2.66	2.41	2.48	2.57	2.66	2.60	2.31	2.61	2.62	2.56	2.27	2.34	2.39	2.19	2.31
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	R	0.70	0.69	0.72	0.79	0.68	0.74	0.75	0.80	0.76	0.73	0.77	0.80	0.80	0.75	0.78	0.77	0.77	0.67	0.70	0.76	0.70	0.75
GFDL-ESM4	RMSE	2.27	2.29	2.49	2.51	2.31	2.62	2.93	2.74	2.48	2.56	2.65	2.73	2.68	2.39	2.69	2.70	2.64	2.31	2.38	2.43	2.22	2.34
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.68	0.67	0.70	0.77	0.66	0.72	0.74	0.79	0.75	0.72	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.76	0.76	0.66	0.69	0.75	0.69	0.74
HadGEM3-GC31-LL	RMSE	2.28	2.29	2.49	2.51	2.32	2.62	2.93	2.75	2.49	2.56	2.65	2.74	2.68	2.40	2.69	2.71	2.64	2.32	2.39	2.43	2.23	2.35
	PBIAS	0.07	0.09	0.08	0.03	0.07	0.05	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	-0.05	0.02	0.04	0.05	0.07	0.06	0.05	0.15	0.11
	R	0.67	0.67	0.70	0.77	0.65	0.72	0.74	0.79	0.75	0.71	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.76	0.76	0.66	0.68	0.75	0.68	0.74
INM-CM4-8	RMSE	2.23	2.24	2.43	2.45	2.26	2.57	2.86	2.68	2.43	2.50	2.59	2.68	2.62	2.34	2.63	2.64	2.58	2.26	2.33	2.37	2.17	2.28
	PBIAS	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03
	R	0.69	0.68	0.71	0.78	0.67	0.73	0.75	0.80	0.76	0.73	0.77	0.80	0.80	0.74	0.78	0.77	0.77	0.67	0.70	0.76	0.70	0.75
INM-CM5-0	RMSE	2.20	2.22	2.41	2.43	2.24	2.54	2.84	2.66	2.41	2.48	2.57	2.66	2.60	2.32	2.61	2.62	2.56	2.24	2.31	2.35	2.15	2.27
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.70	0.69	0.72	0.79	0.68	0.74	0.75	0.80	0.76	0.73	0.77	0.80	0.80	0.75	0.78	0.77	0.77	0.68	0.71	0.76	0.70	0.75
IPSL-CM6A-LR	RMSE	2.29	2.30	2.51	2.52	2.32	2.64	2.95	2.76	2.50	2.58	2.67	2.76	2.70	2.41	2.71	2.72	2.66	2.32	2.40	2.44	2.24	2.36
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.67	0.66	0.69	0.77	0.65	0.72	0.73	0.79	0.74	0.71	0.75	0.78	0.79	0.73	0.77	0.75	0.75	0.66	0.68	0.74	0.68	0.73
KACE-1-0-G	RMSE	2.24	2.26	2.47	2.48	2.28	2.61	2.91	2.73	2.46	2.54	2.64	2.72	2.67	2.37	2.67	2.68	2.62	2.28	2.36	2.40	2.20	2.32
	PBIAS	0.03	0.01	0.07	0.06	0.02	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.06	0.05	0.05	0.01	0.02	0.02	0.05	0.07
	R	0.69	0.68	0.70	0.78	0.66	0.72	0.74	0.79	0.75	0.72	0.76	0.79	0.79	0.74	0.77	0.76	0.76	0.67	0.69	0.75	0.69	0.74
KIOST-ESM	RMSE	2.27	2.28	2.48	2.50	2.30	2.61	2.91	2.73	2.44	2.50	2.60	2.68	2.63	2.34	2.64	2.65	2.59	2.26	2.33	2.38	2.18	2.29
	PBIAS	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01
	R	0.68	0.67	0.70	0.77	0.66	0.72	0.74	0.79	0.76	0.73	0.77	0.79	0.80	0.74	0.78	0.77	0.77	0.67	0.70	0.76	0.70	0.75

Modelos	Criterio	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
MIROC6	RMSE	2.29	2.30	2.49	2.52	2.32	2.63	2.93	2.75	2.50	2.56	2.65	2.74	2.68	2.40	2.70	2.71	2.65	2.32	2.40	2.44	2.24	2.35
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.67	0.66	0.70	0.77	0.65	0.72	0.74	0.79	0.74	0.71	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.75	0.76	0.66	0.68	0.74	0.68	0.73
MRI-ESM2-0	RMSE	2.28	2.29	2.49	2.51	2.31	2.62	2.92	2.74	2.48	2.56	2.65	2.73	2.68	2.39	2.69	2.70	2.64	2.31	2.39	2.43	2.22	2.34
	PBIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.68	0.67	0.70	0.77	0.65	0.72	0.74	0.79	0.75	0.71	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.76	0.76	0.66	0.69	0.75	0.68	0.74
NorESM2-LM	RMSE	2.28	2.29	2.46	2.50	2.31	2.60	2.90	2.71	2.49	2.56	2.65	2.74	2.68	2.40	2.70	2.71	2.65	2.32	2.40	2.44	2.23	2.35
	PBIAS	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	R	0.68	0.67	0.71	0.77	0.66	0.73	0.74	0.79	0.75	0.71	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.75	0.76	0.66	0.68	0.75	0.68	0.74
NorESM2-MM	RMSE	2.27	2.28	2.48	2.47	2.30	2.62	2.92	2.74	2.45	2.56	2.65	2.73	2.68	2.38	2.69	2.70	2.63	2.31	2.38	2.42	2.22	2.33
	PBIAS	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
	R	0.68	0.67	0.70	0.78	0.66	0.72	0.74	0.79	0.75	0.71	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.76	0.76	0.66	0.69	0.75	0.69	0.74
TaiESM1	RMSE	2.28	2.29	2.49	2.50	2.33	2.64	2.94	2.76	2.48	2.57	2.67	2.75	2.70	2.41	2.71	2.72	2.66	2.33	2.41	2.45	2.24	2.36
	PBIAS	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
	R	0.68	0.67	0.70	0.77	0.65	0.72	0.74	0.79	0.75	0.71	0.75	0.78	0.79	0.73	0.77	0.75	0.76	0.65	0.68	0.74	0.68	0.73
UKESM1-0-LL	RMSE	2.26	2.27	2.48	2.49	2.30	2.61	2.92	2.74	2.47	2.55	2.64	2.73	2.67	2.38	2.68	2.69	2.63	2.30	2.37	2.41	2.21	2.33
	PBIAS	0.01	0.03	0.00	-0.02	0.02	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
	R	0.68	0.67	0.70	0.77	0.66	0.72	0.74	0.79	0.75	0.72	0.76	0.79	0.79	0.73	0.77	0.76	0.76	0.66	0.69	0.75	0.69	0.74

ANEXO N° 77**Diagrama de Taylor para la Estación 1 - Precipitación**

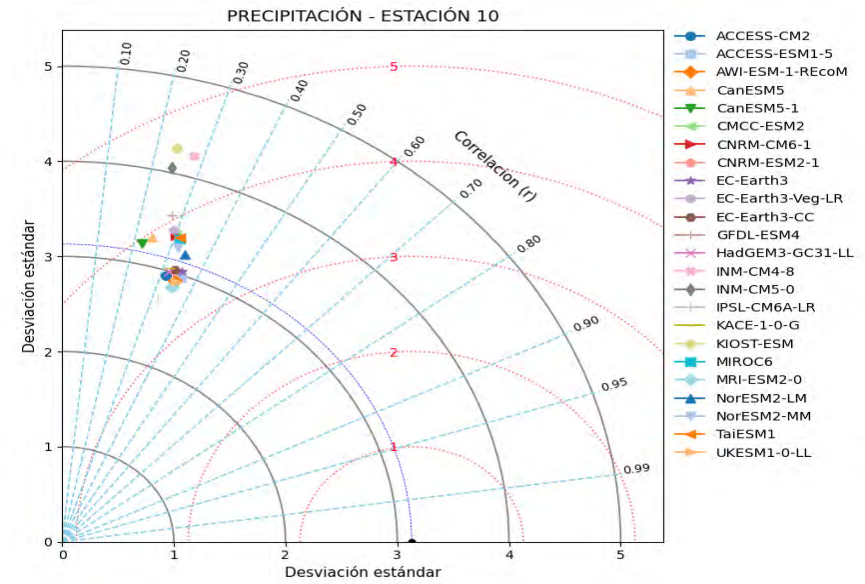
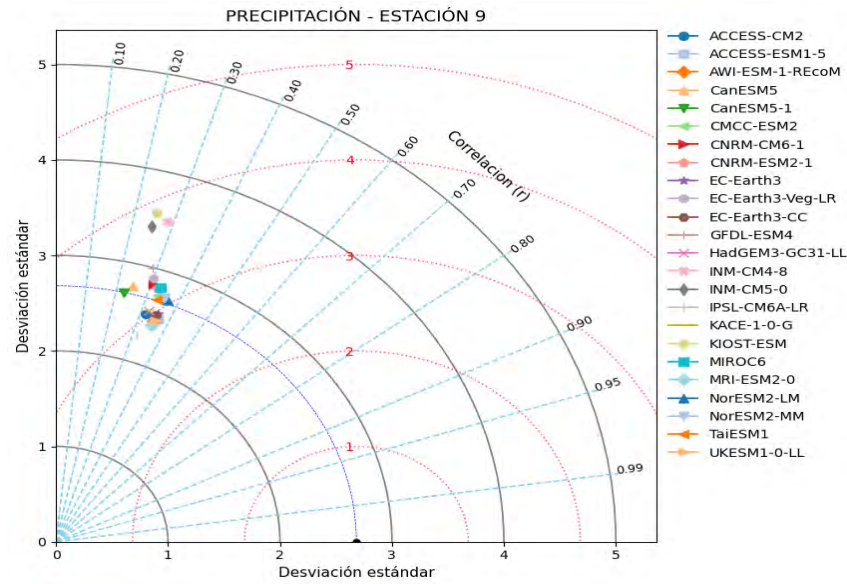
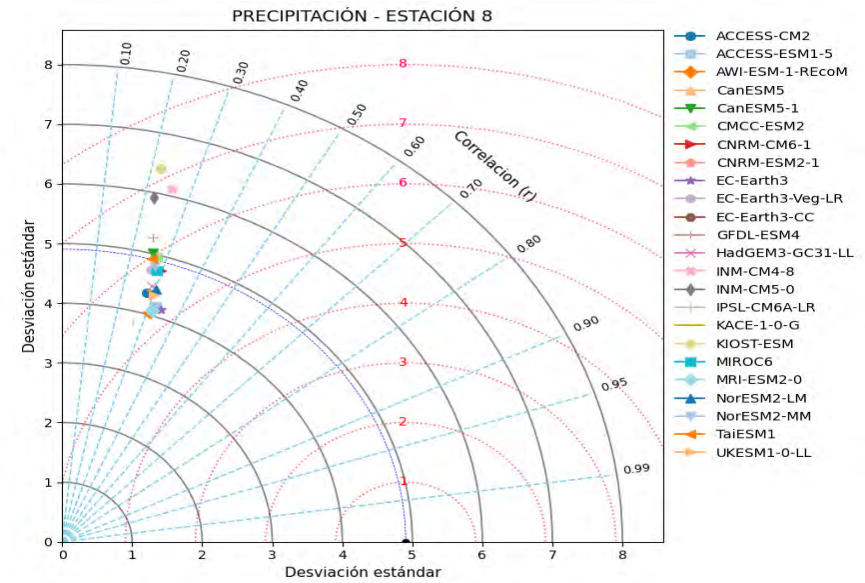
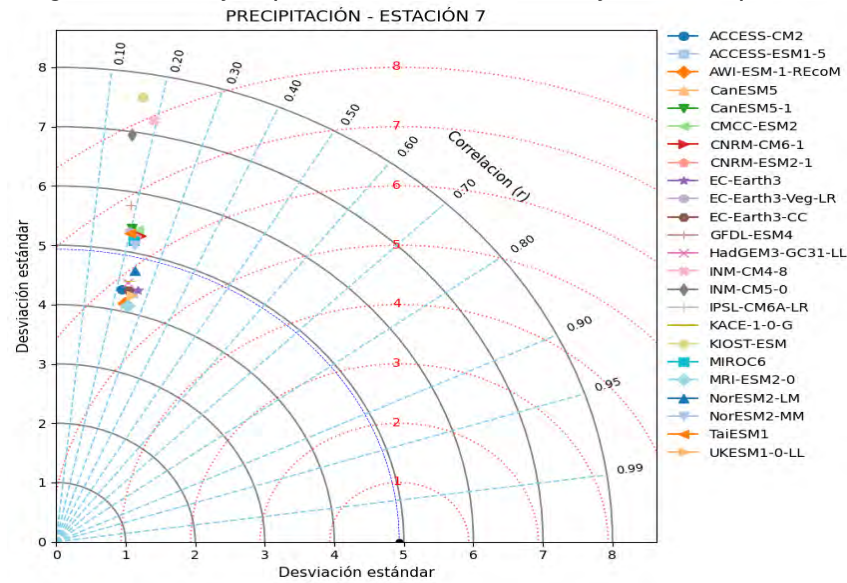
Nota. El Diagrama de Taylor muestra la interacción del coeficiente de correlación (R) con la línea celeste, error cuadrático medio (RMSE) en la línea roja y desviación estándar en la línea negra. La comparación de los 24 modelos climáticos y los datos históricos de la Estación 1 está representado en este, y se obtiene que el modelo ACCESS-ESM1-5 tiene mejor desempeño.

ANEXO N° 78**Diagrama de Taylor para la Estación 2 - Precipitación**

ANEXO N° 79**Diagramas de Taylor para las Estaciones 3, 4, 5 y 6 - Precipitación**

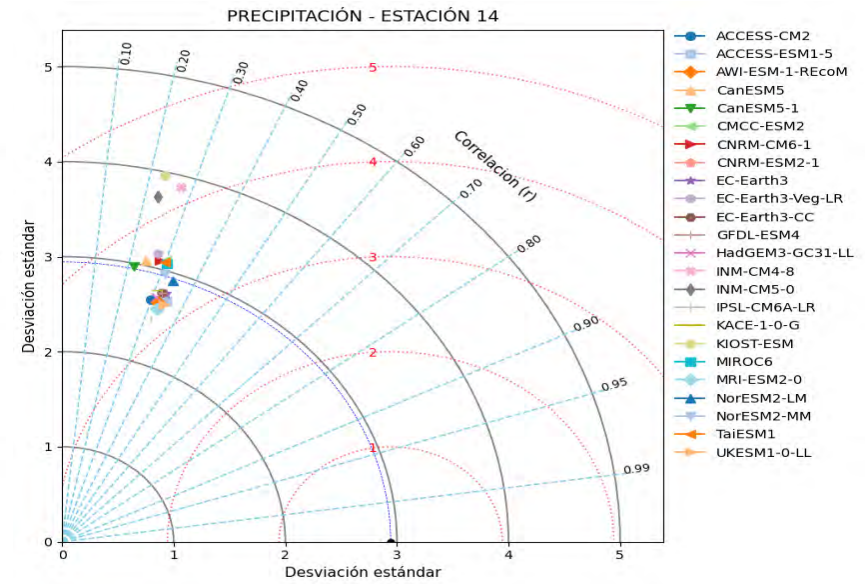
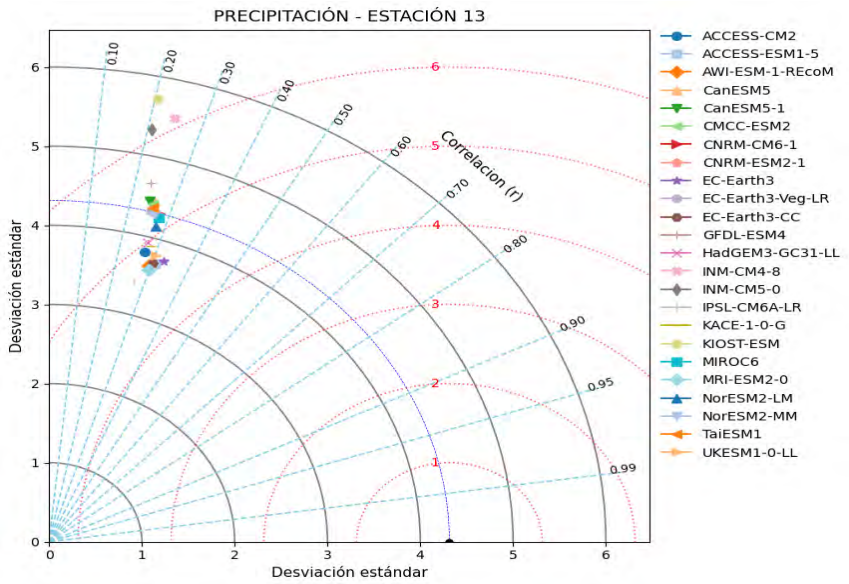
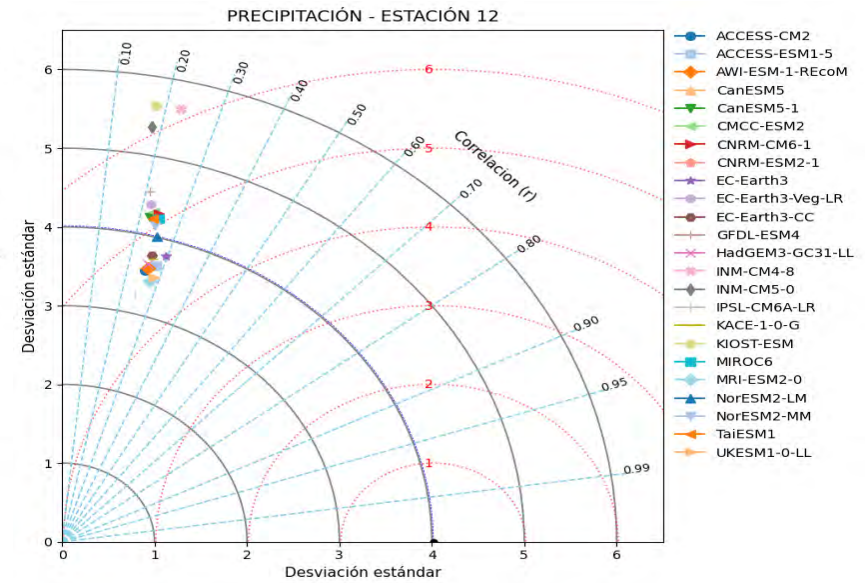
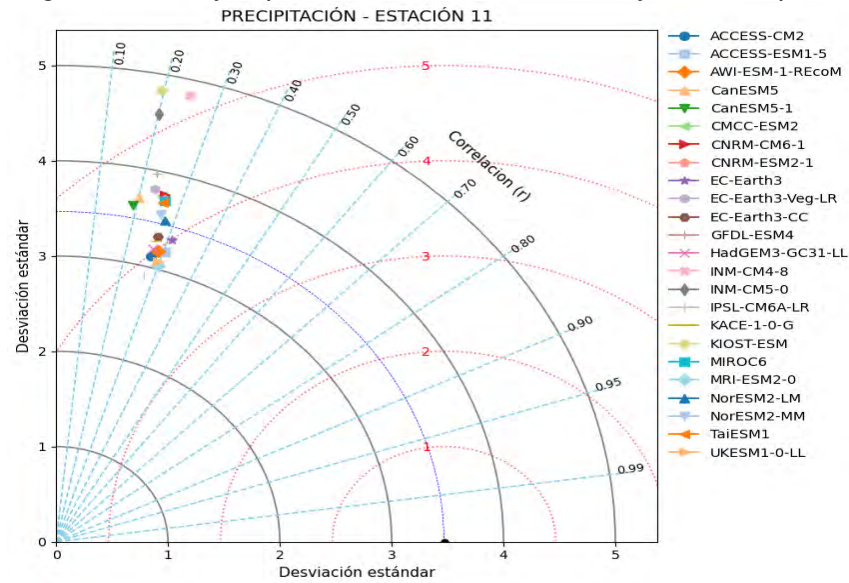
ANEXO N° 80

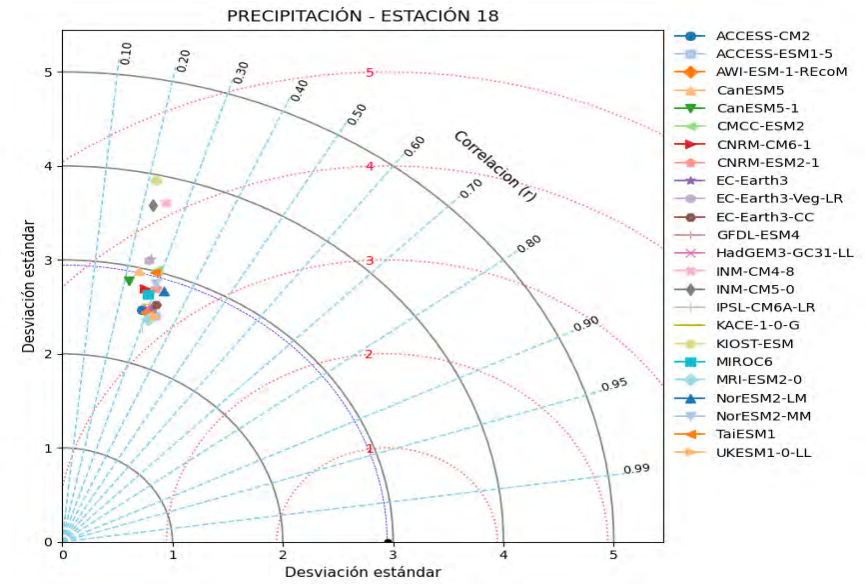
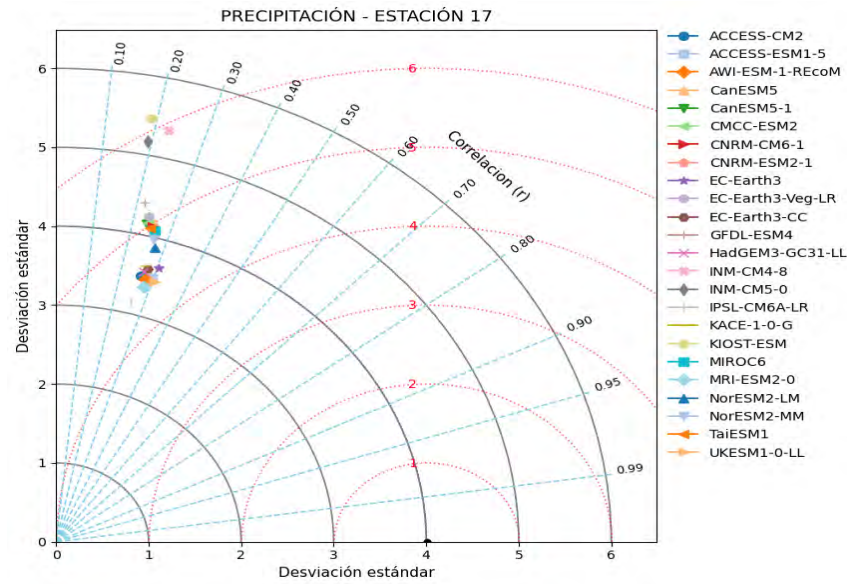
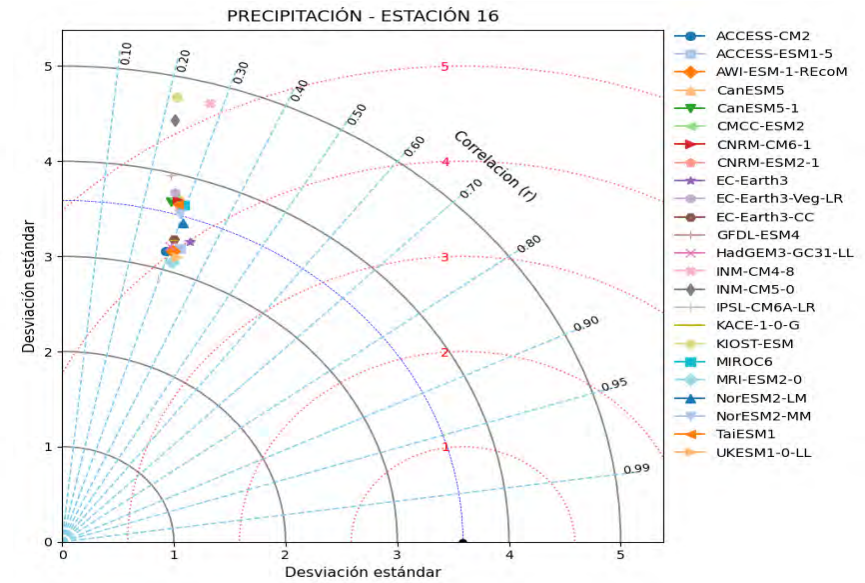
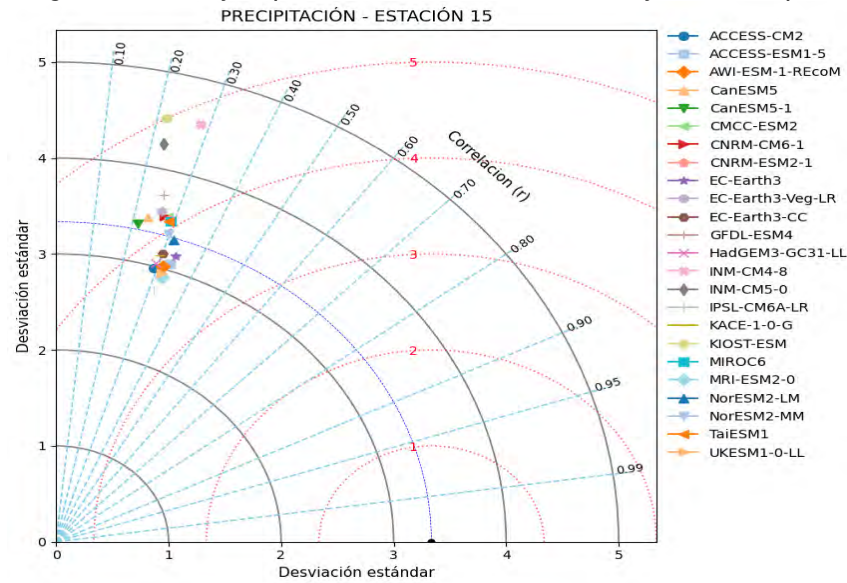
Diagramas de Taylor para la Estaciones 7, 8, 9 y 10 - Precipitación



ANEXO N° 81

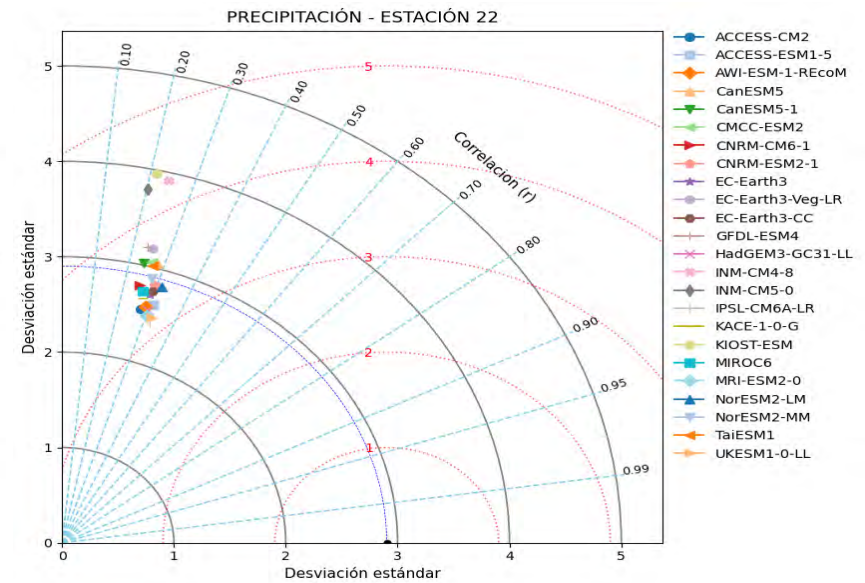
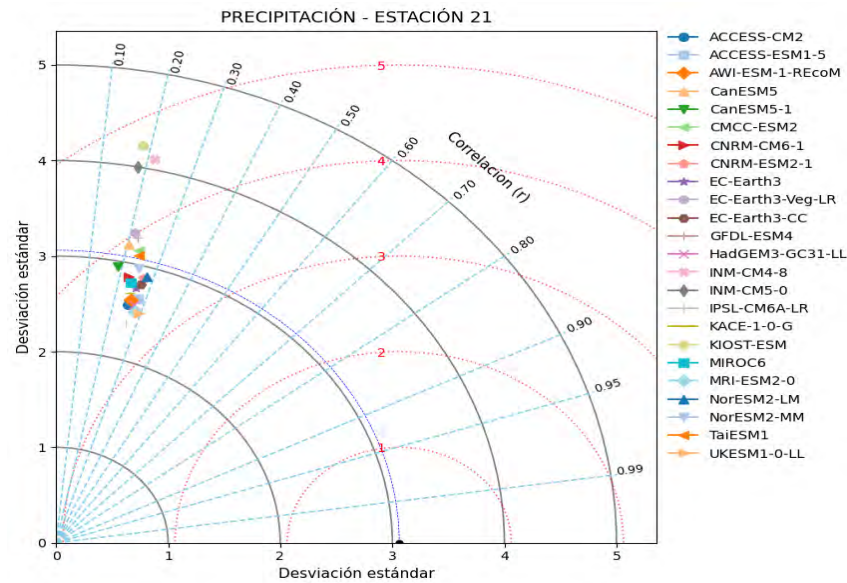
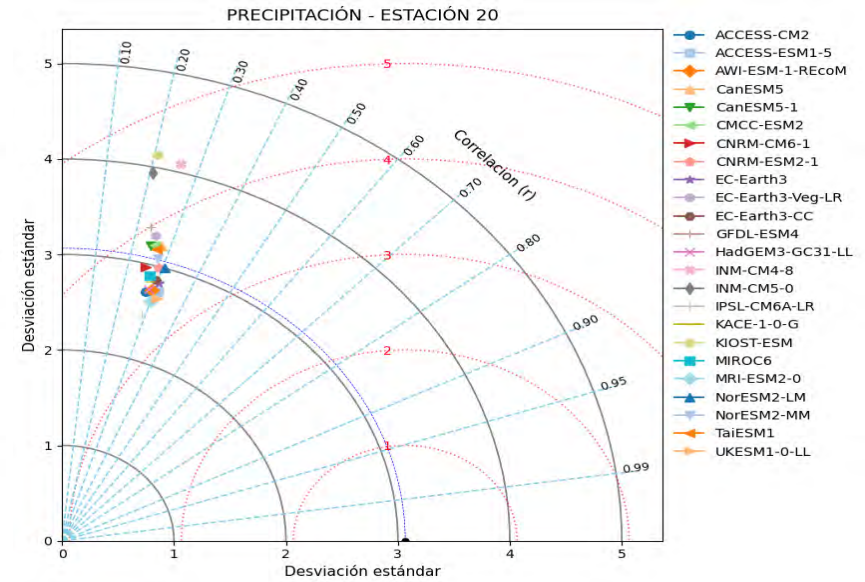
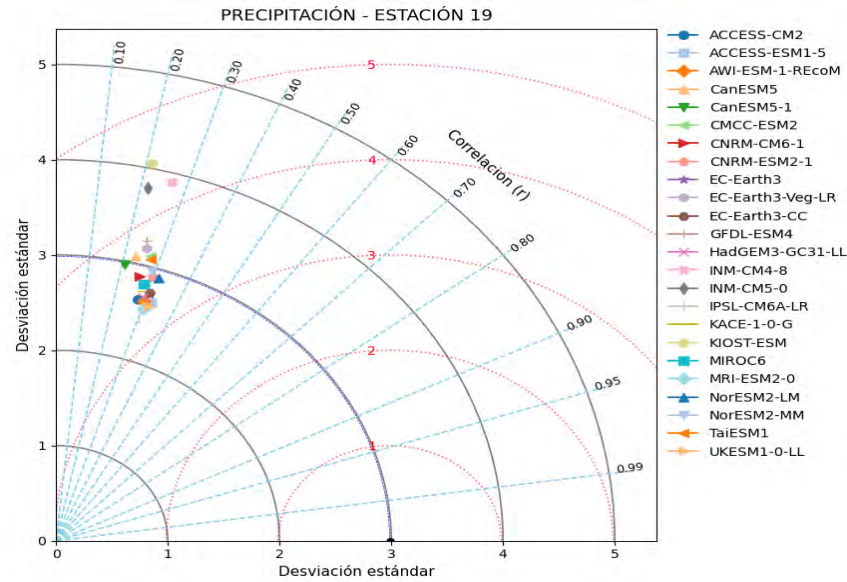
Diagramas de Taylor para la Estaciones 11, 12, 13 y 14 - Precipitación

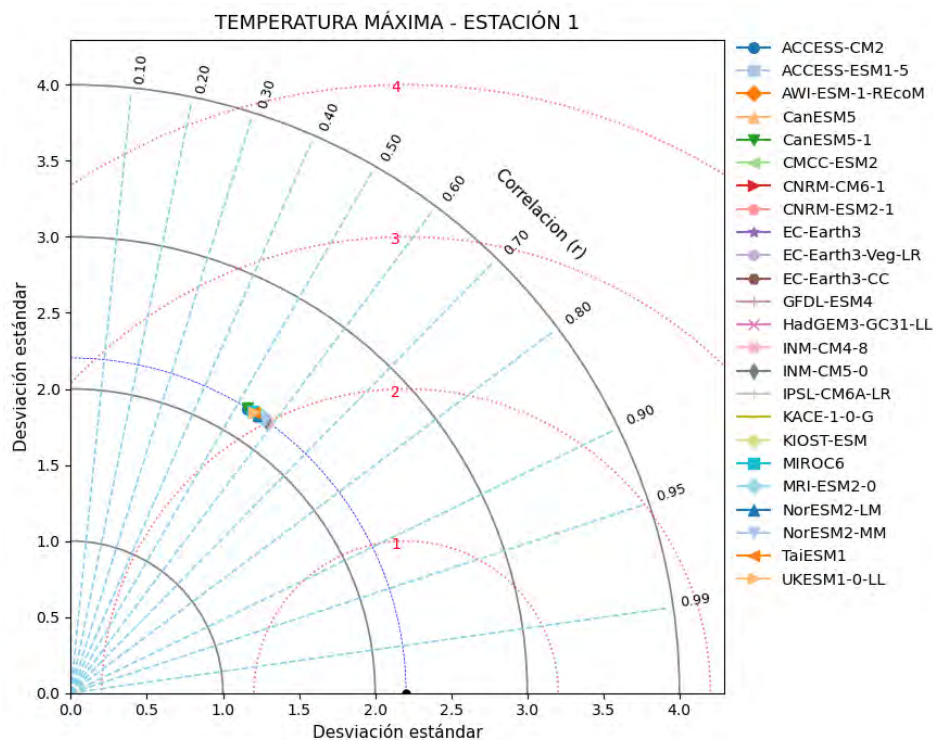


ANEXO N° 82**Diagramas de Taylor para la Estaciones 15, 16, 17 y 18 - Precipitación**

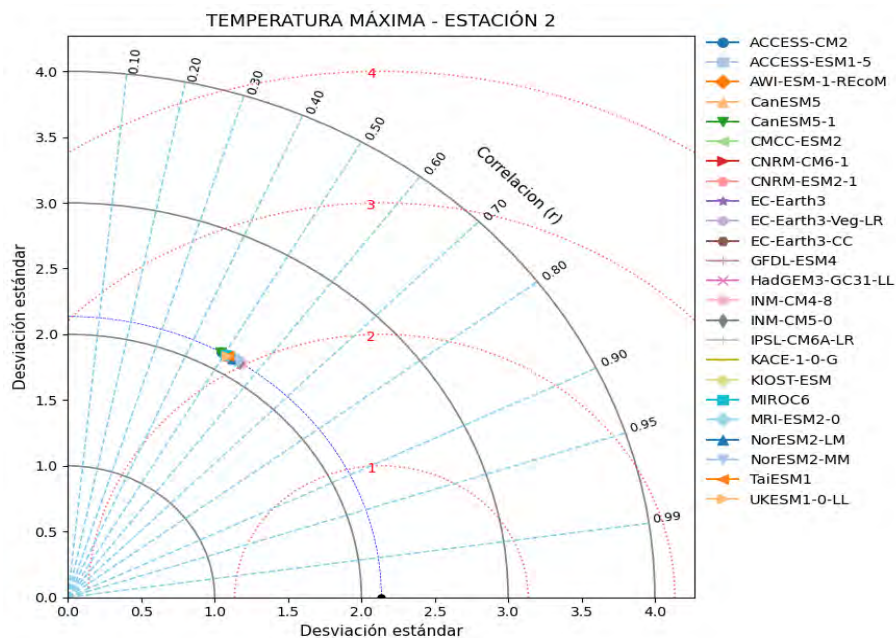
ANEXO N° 83

Diagramas de Taylor para la Estaciones 19, 20, 21 y 22 - Precipitación



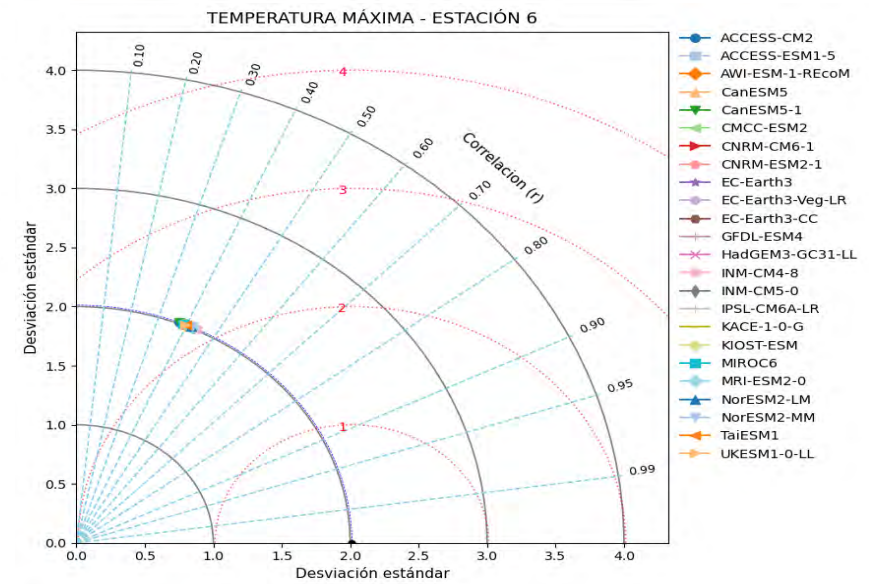
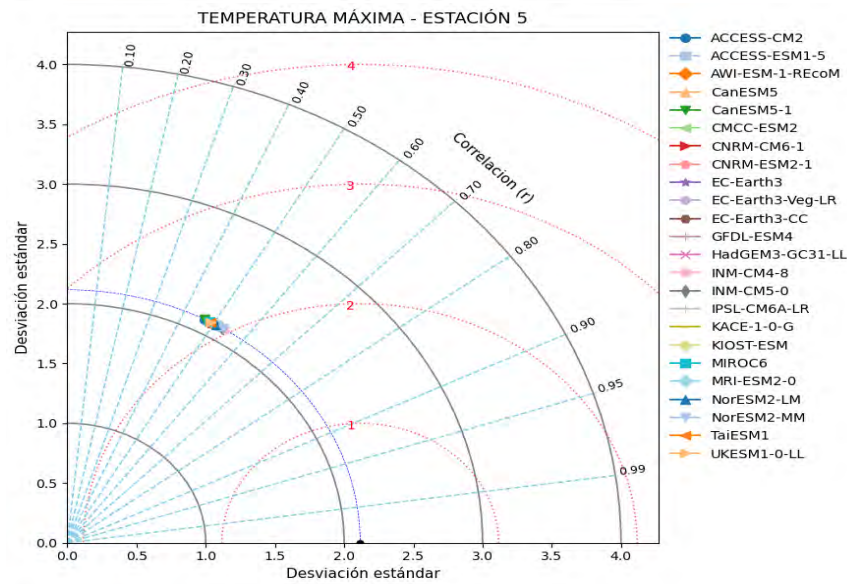
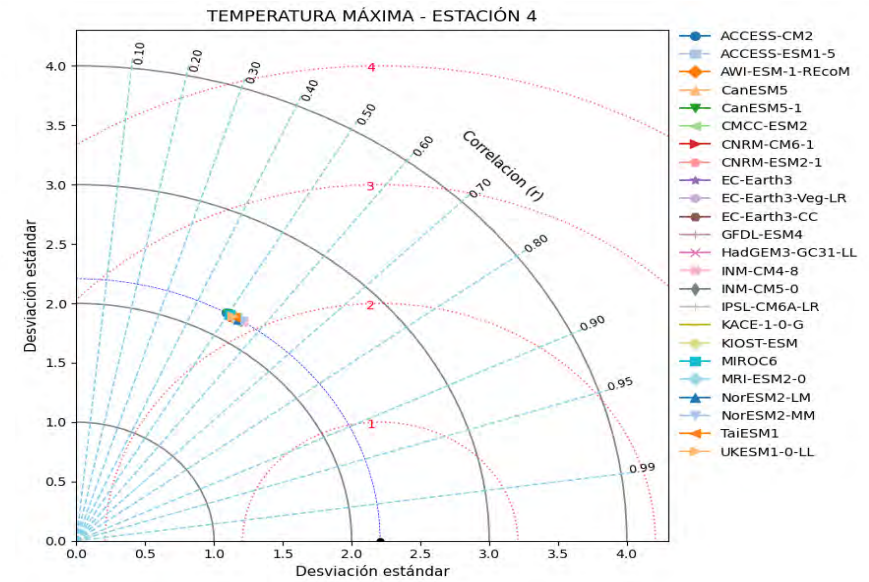
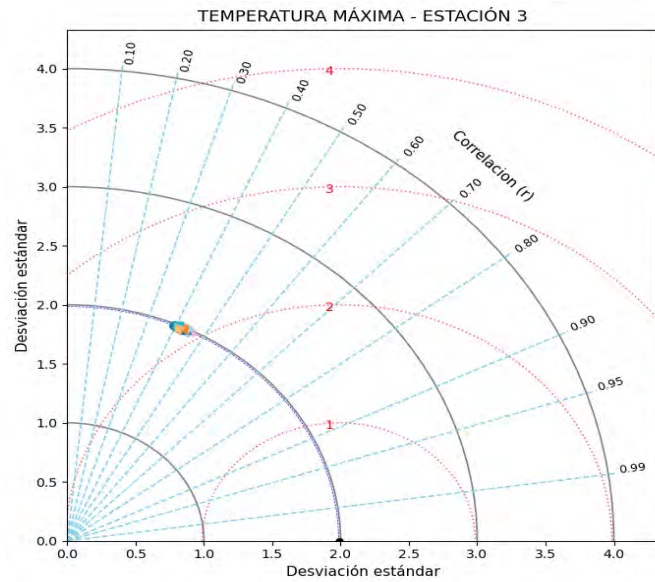
ANEXO N° 84**Diagrama de Taylor para la Estación 1- Temperatura máxima**

Nota. En la temperatura máxima el diagrama de Taylor muestra la línea celeste (R), la línea roja (RMSE) y la línea negra (desviación estándar). Se muestra la comparación de los modelos climáticos para la Estación 1, se observa que los 24 modelos poseen comportamiento similar, y el modelo INM-CM4-8.

ANEXO N° 85**Diagrama de Taylor para la Estación 2- Temperatura máxima**

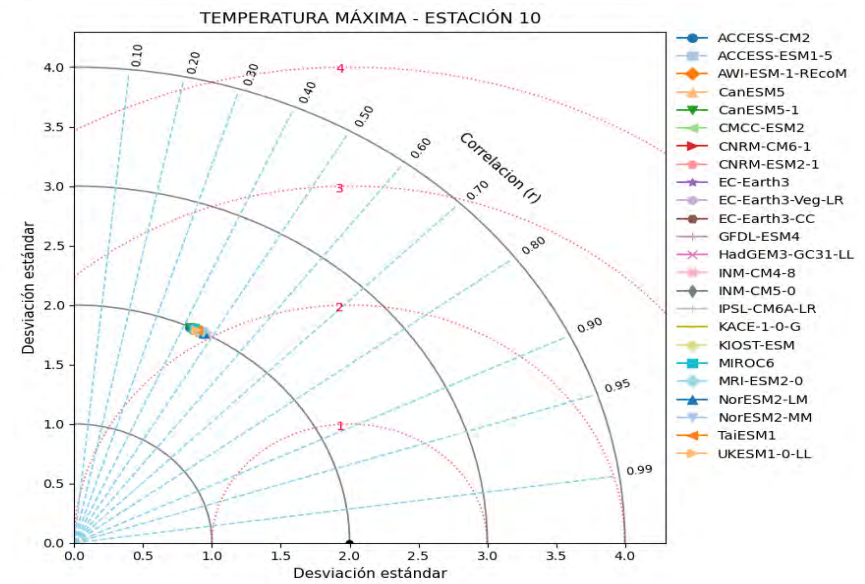
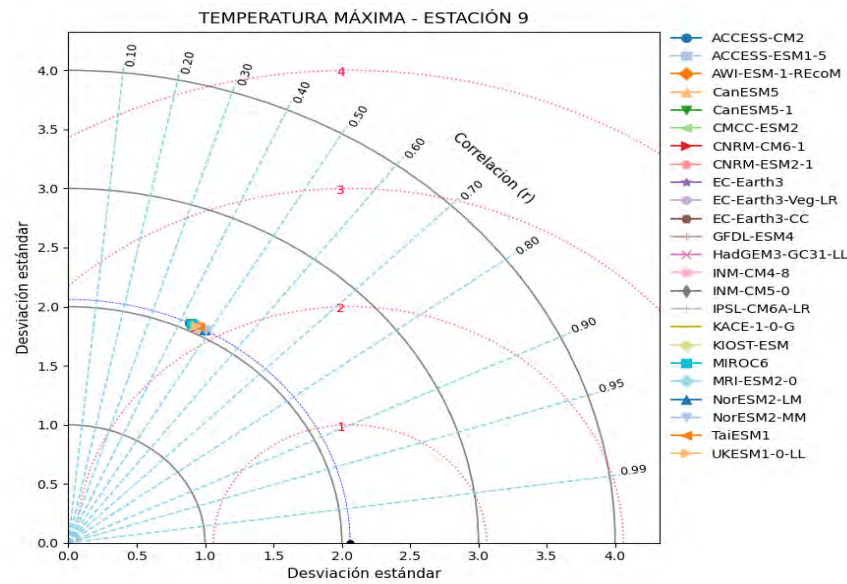
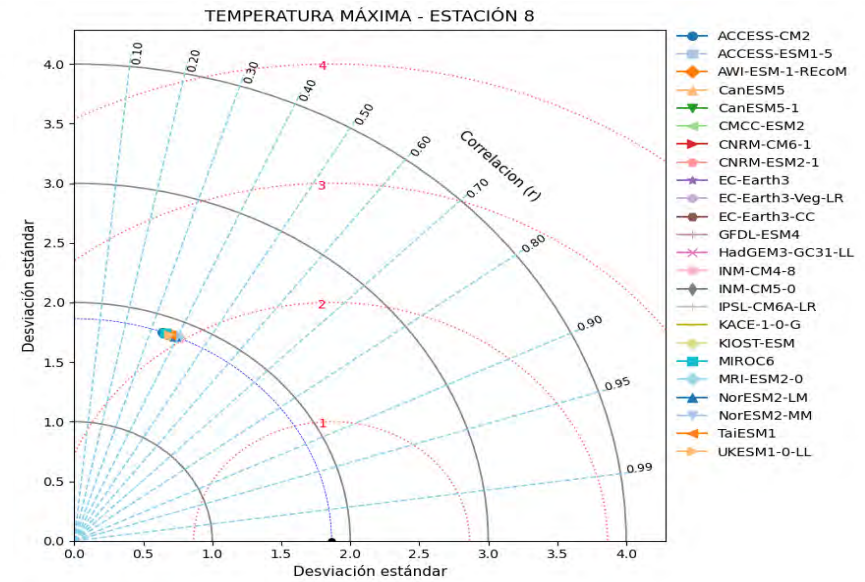
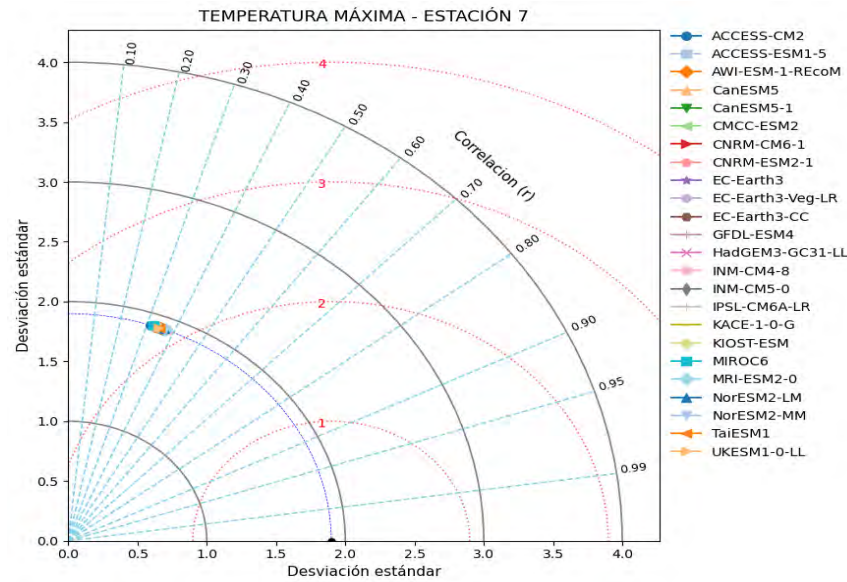
ANEXO N° 86

Diagramas de Taylor para la Estaciones 3, 4, 5 y 6 - Temperatura máxima



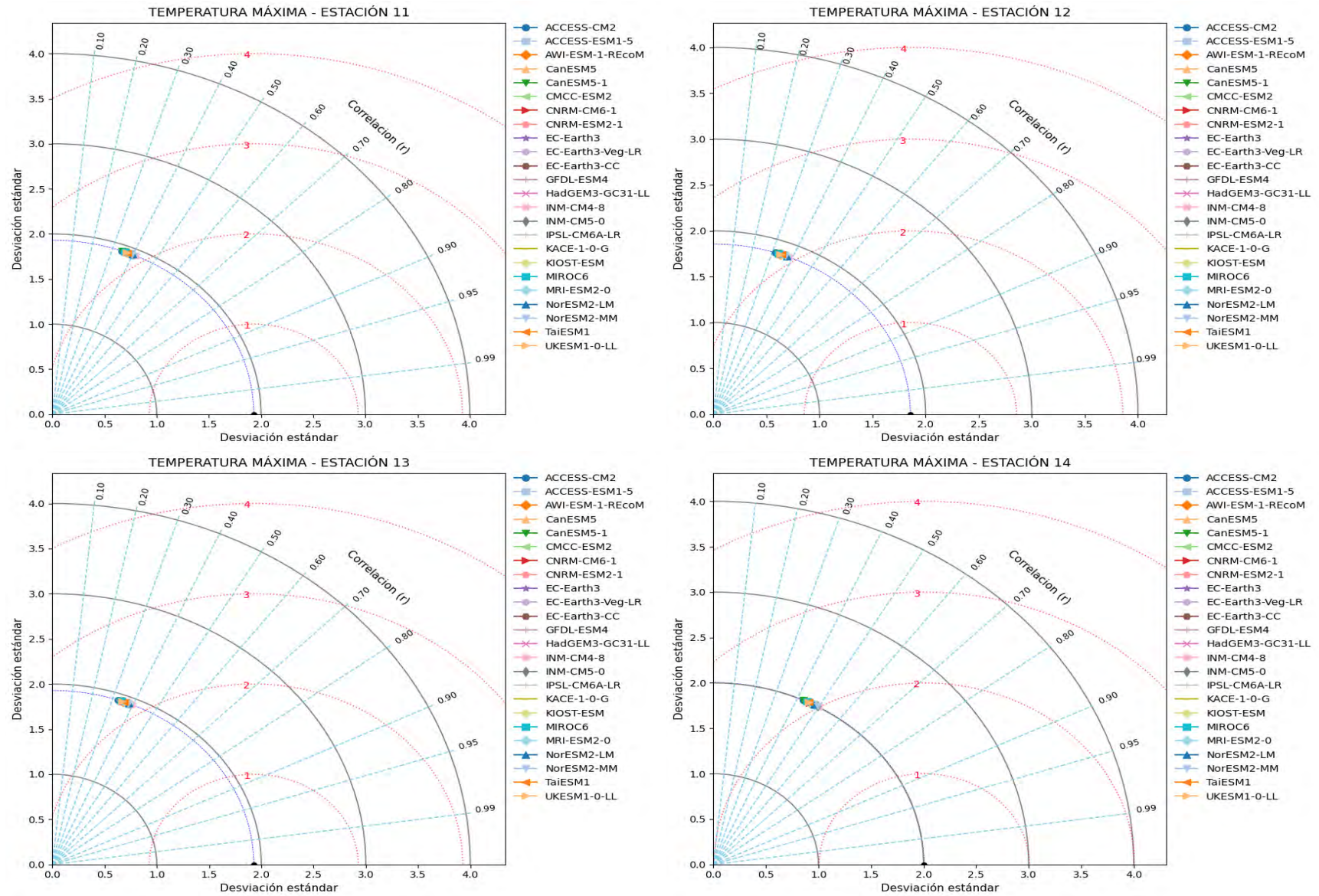
ANEXO N° 87

Diagramas de Taylor para la Estaciones 7, 8, 9 y 10 - Temperatura máxima



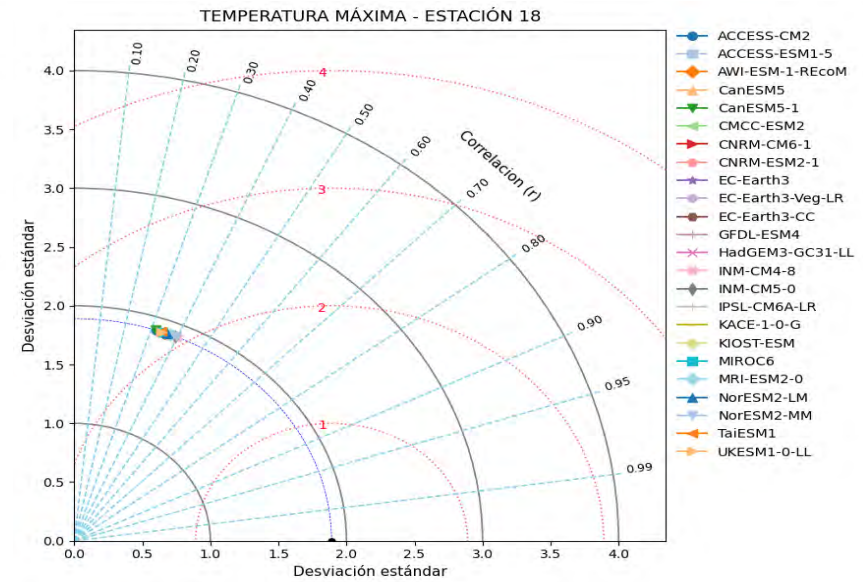
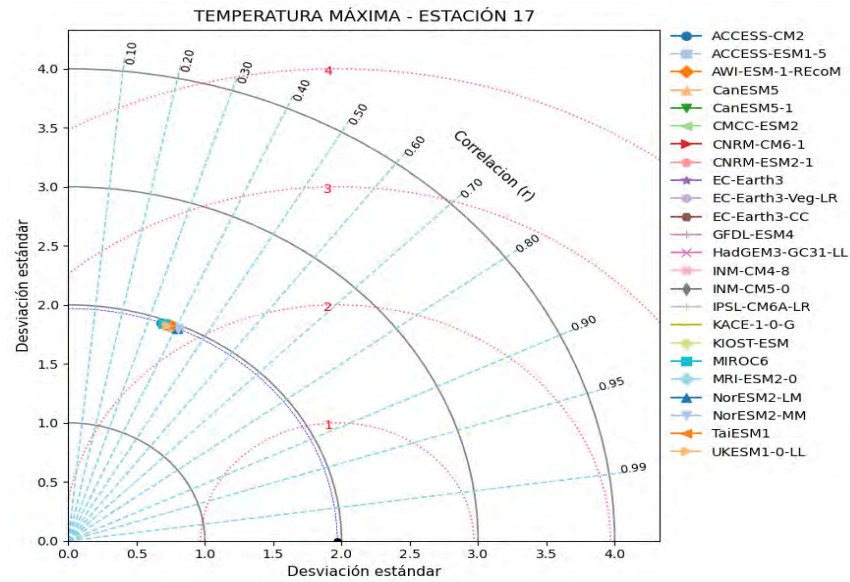
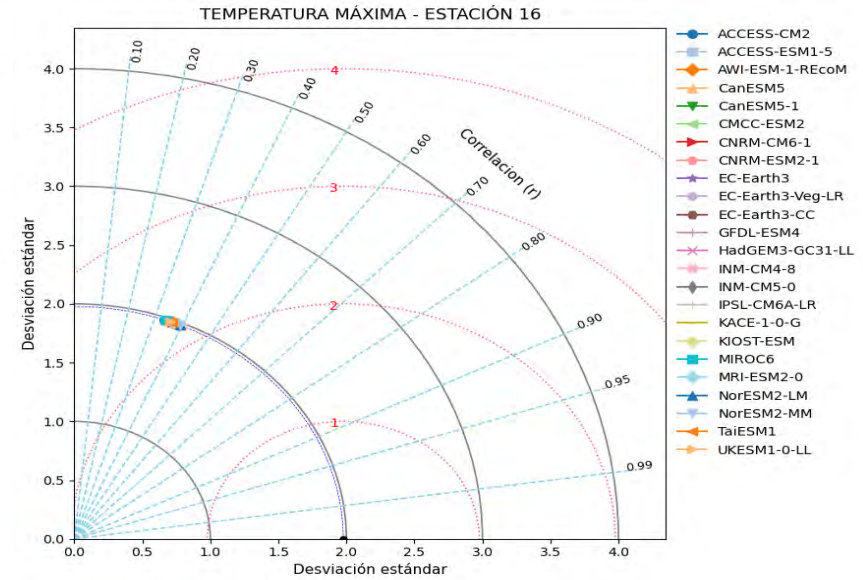
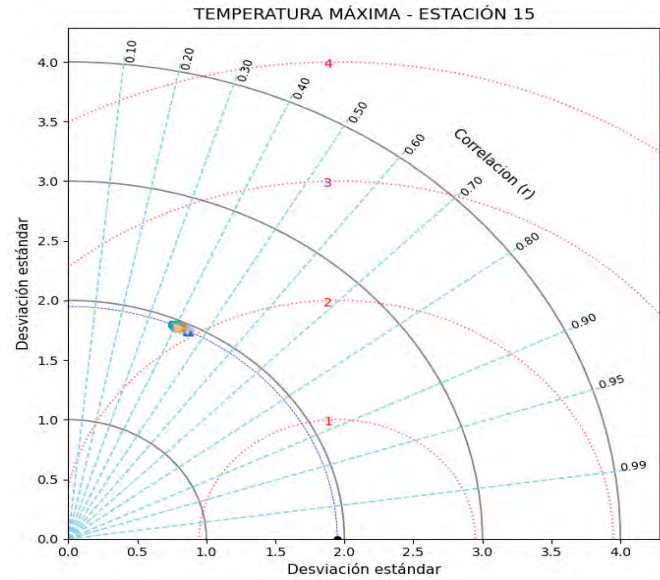
ANEXO N° 88

Diagramas de Taylor para la Estaciones 11, 12, 13 y 14 - Temperatura máxima



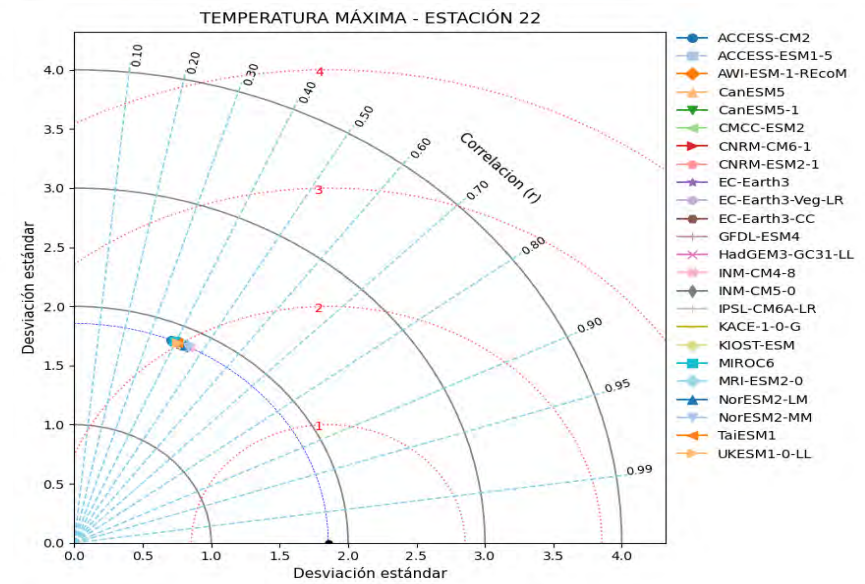
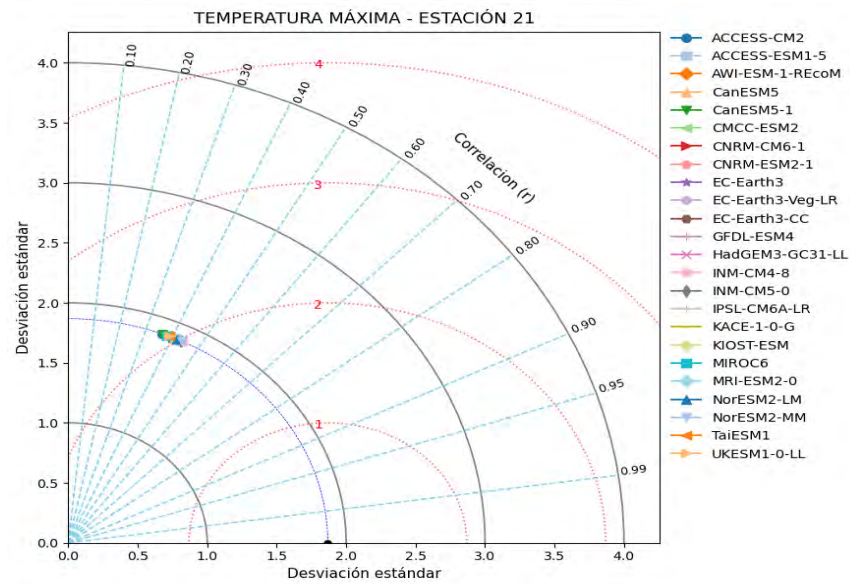
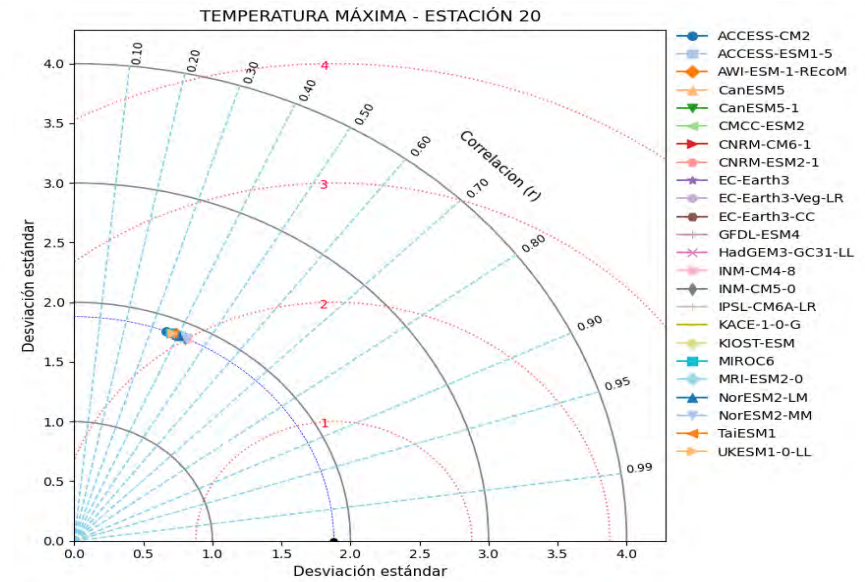
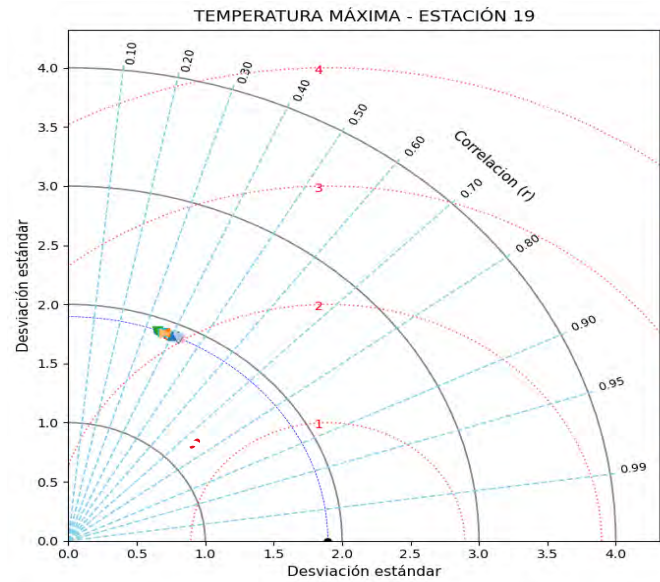
ANEXO N° 89

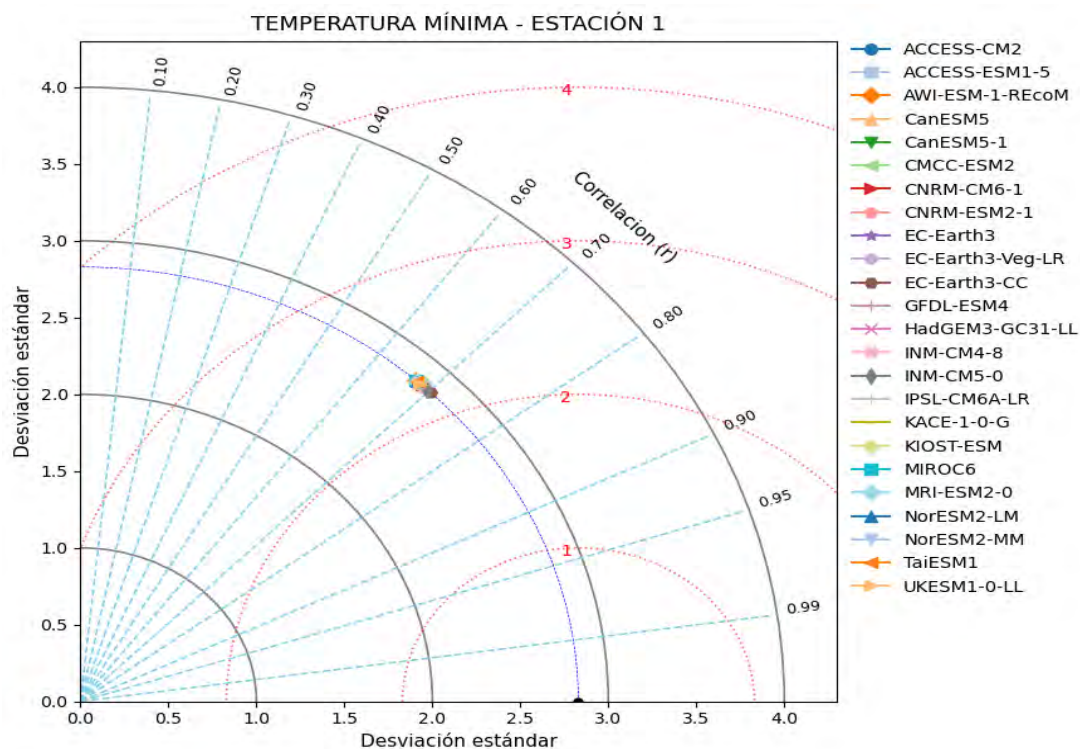
Diagramas de Taylor para la Estaciones 15, 16, 17 y 18 - Temperatura máxima



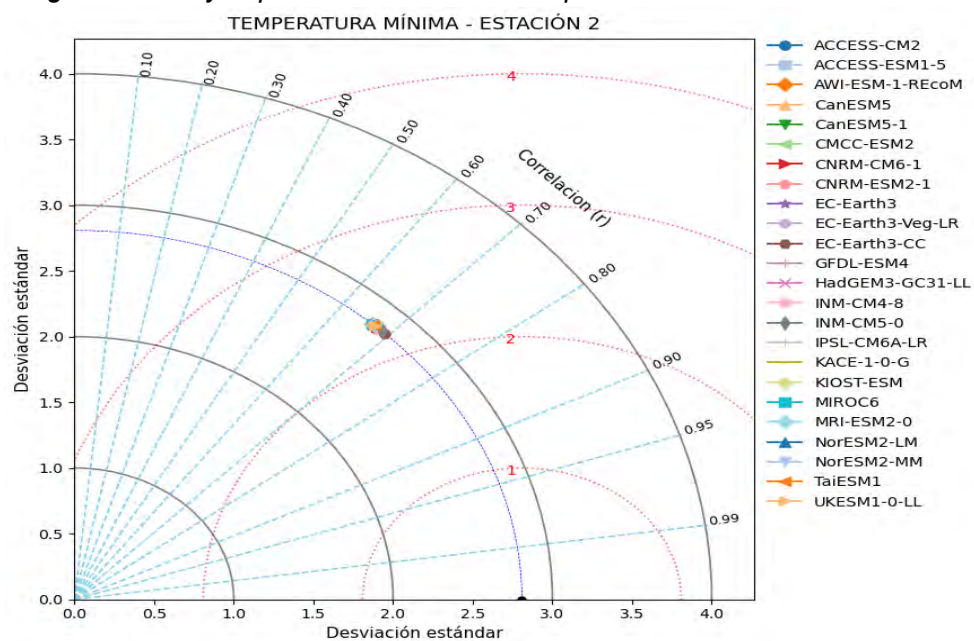
ANEXO N° 90

Diagramas de Taylor para la Estaciones 19, 20, 21 y 22 - Temperatura máxima



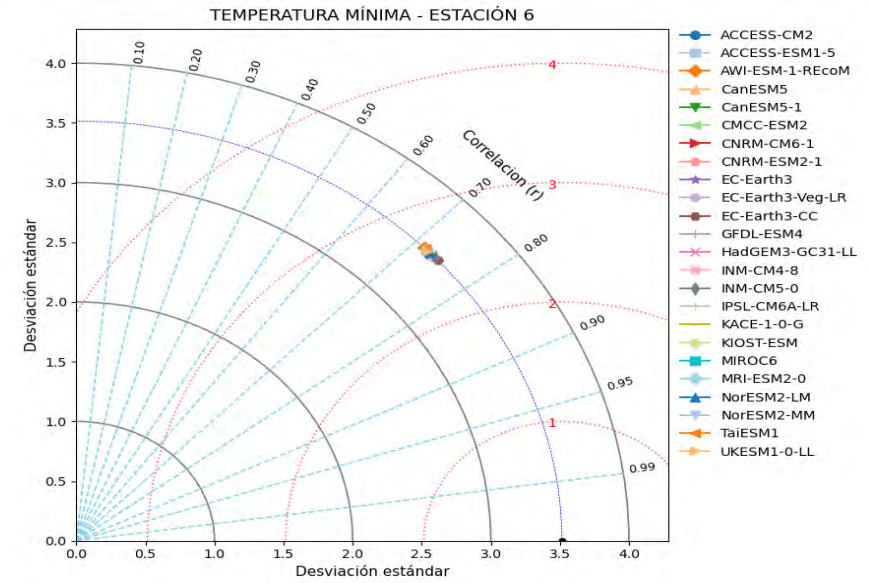
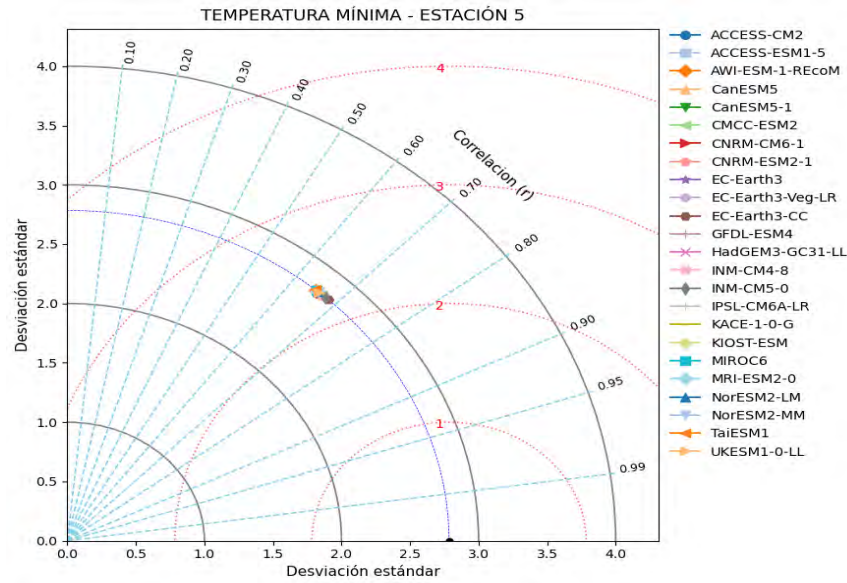
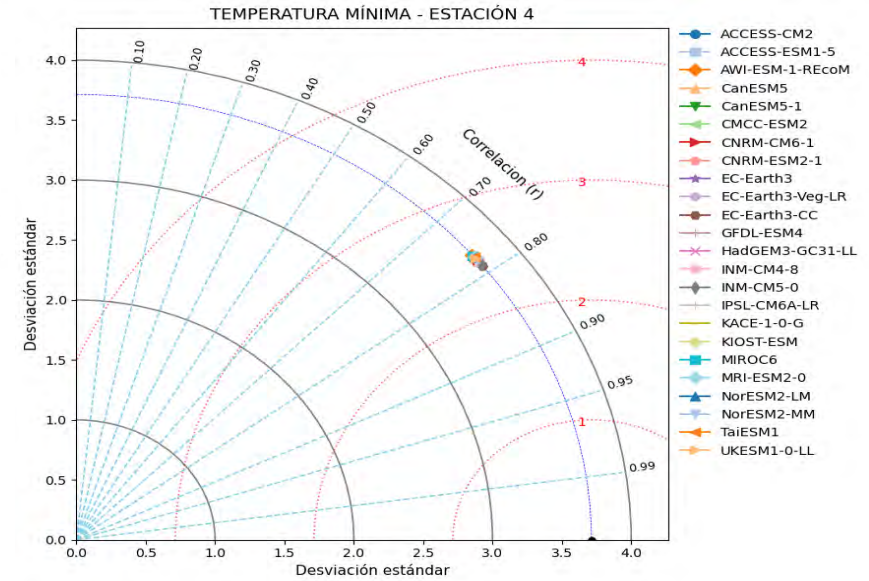
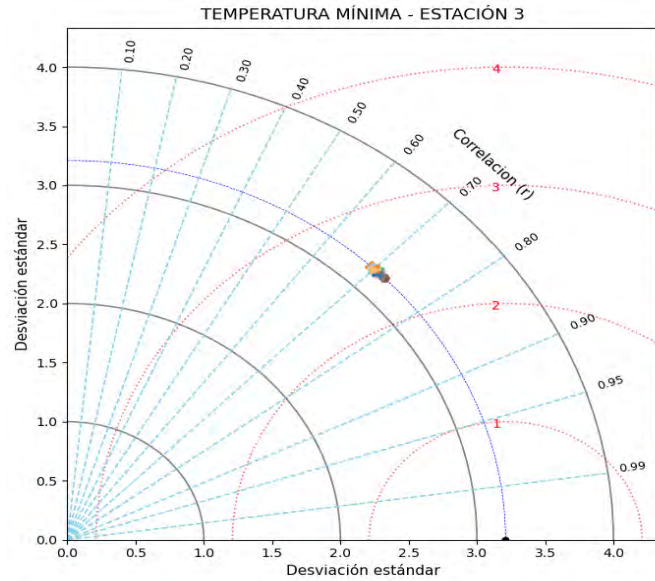
ANEXO N° 91**Diagrama de Taylor para la Estación 1 - Temperatura mínima**

Nota. El diagrama de Taylor muestra la comparación de rendimientos de los 24 modelos, se obtuvo que el modelo climático EC-Earth3-CC.

ANEXO N° 92**Diagrama de Taylor para la Estación 2 - Temperatura mínima**

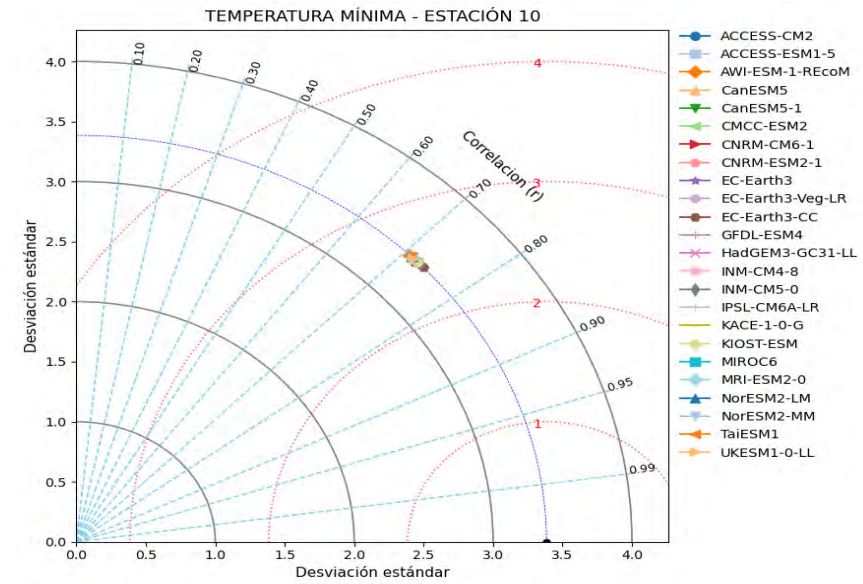
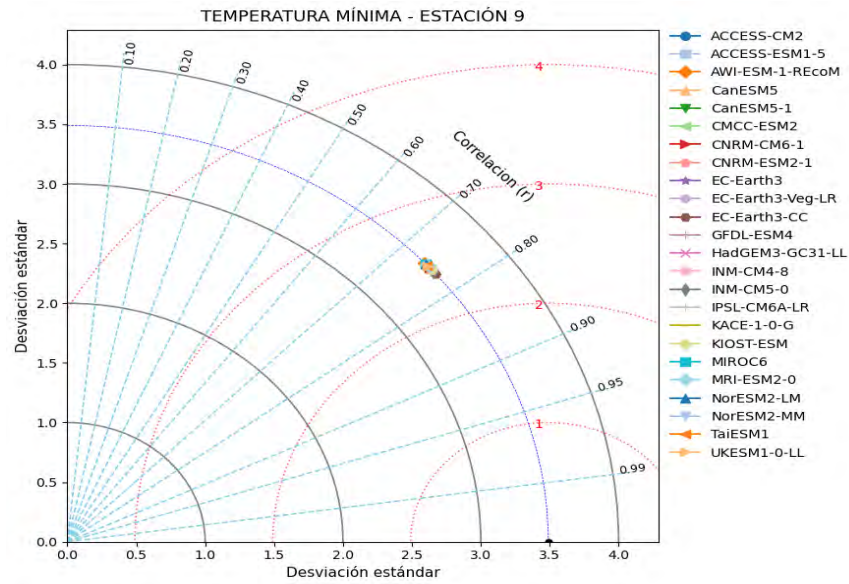
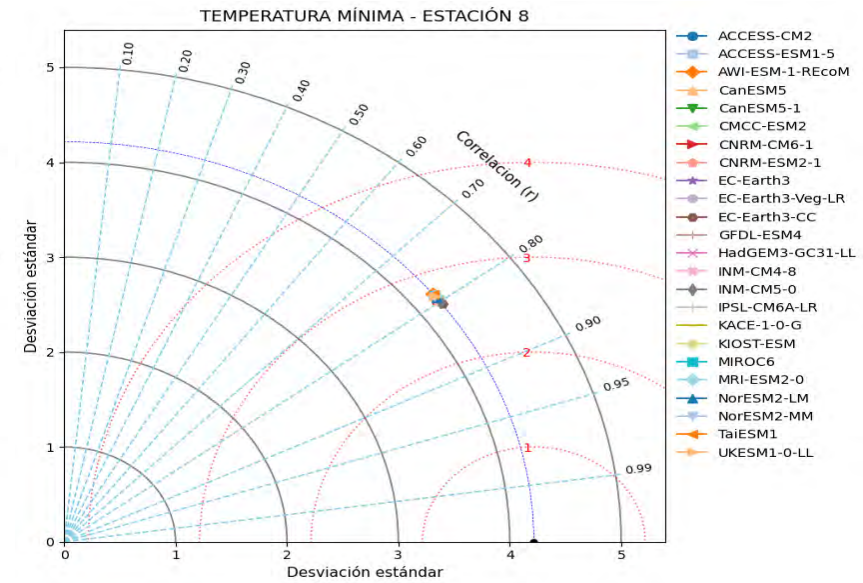
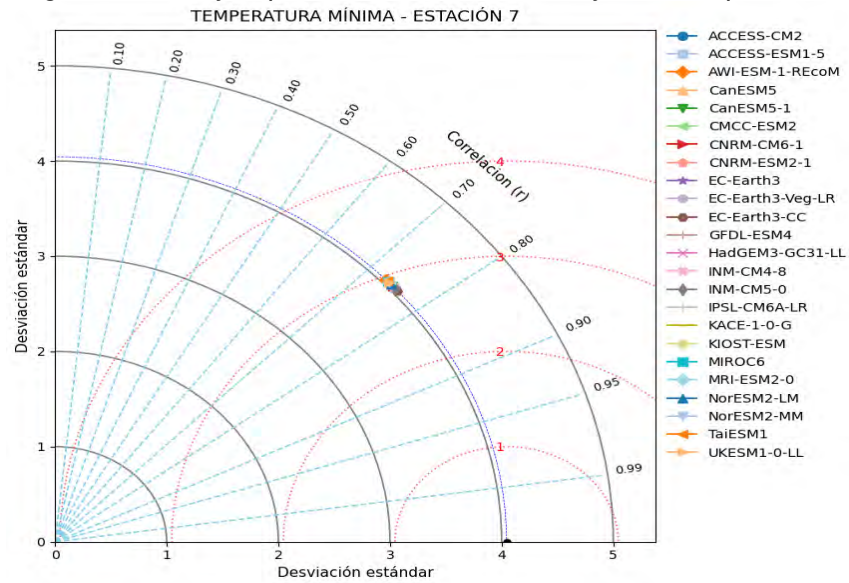
ANEXO N° 93

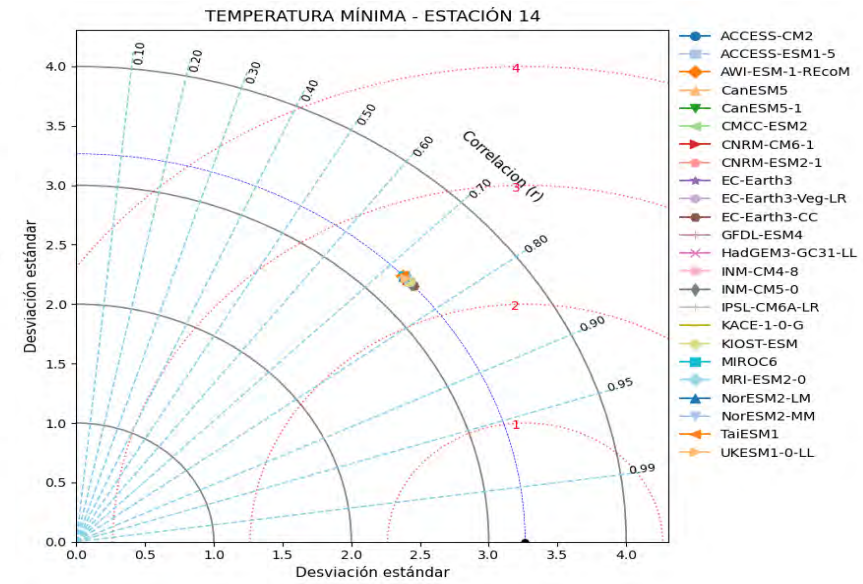
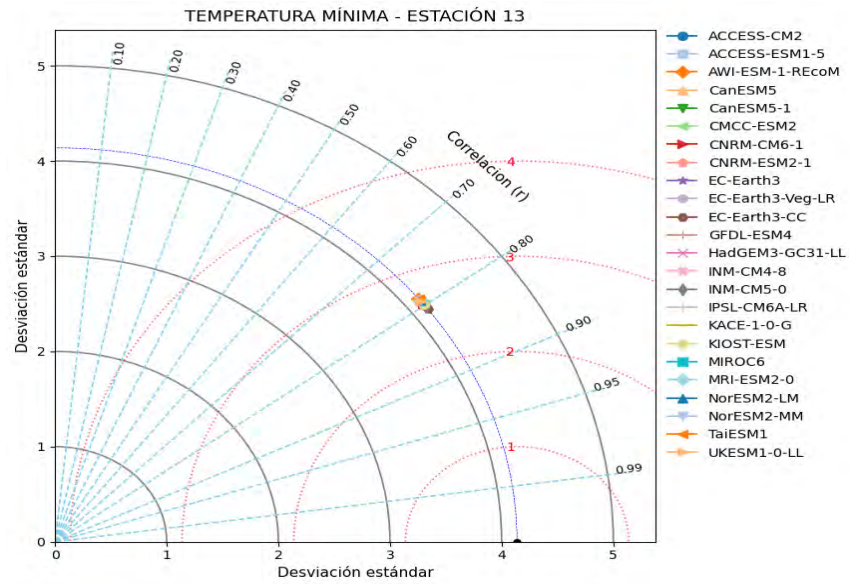
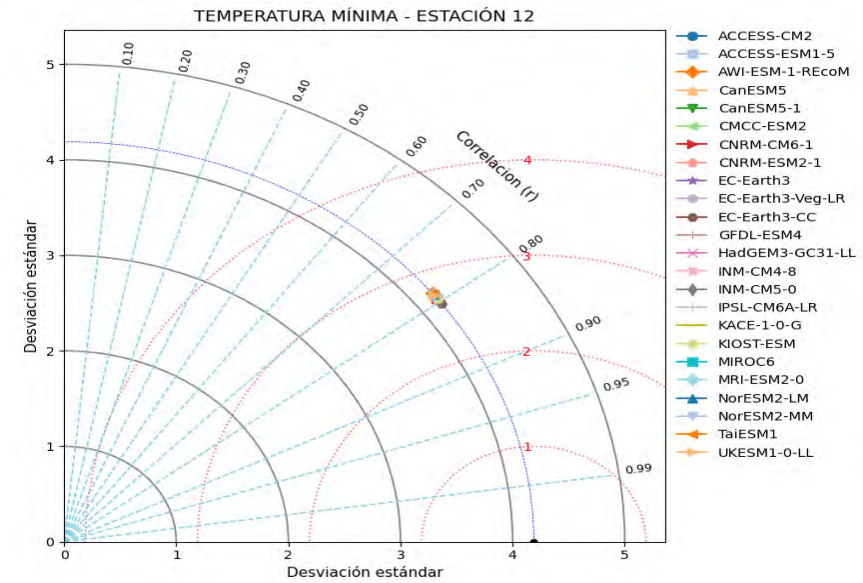
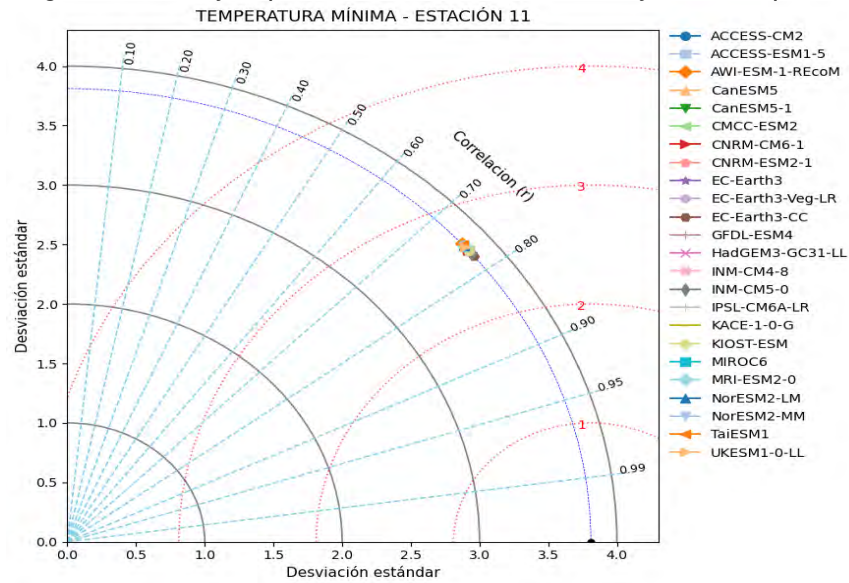
Diagramas de Taylor para la Estaciones 3, 4, 5 y 6 - Temperatura mínima

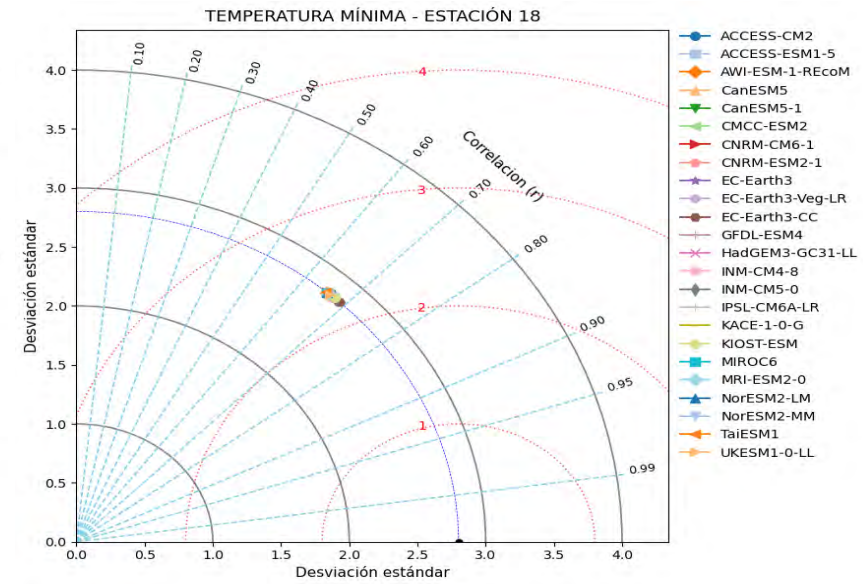
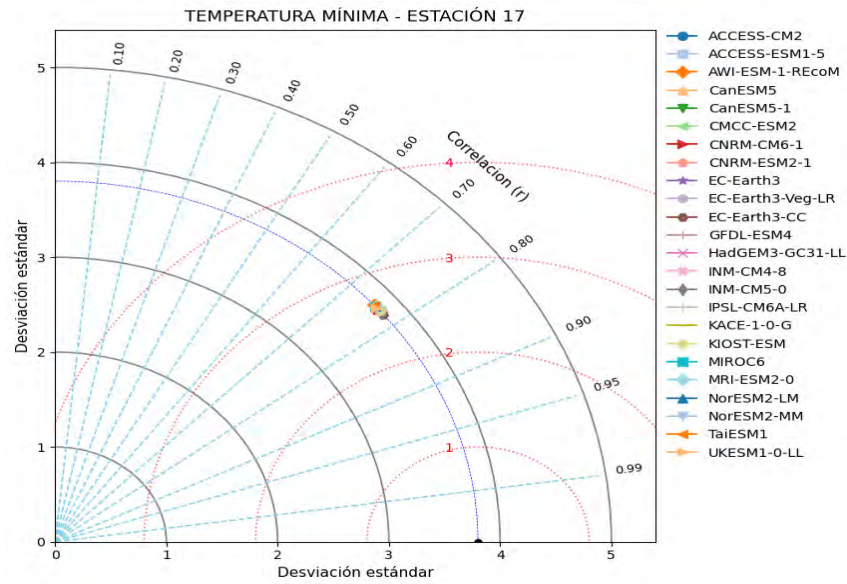
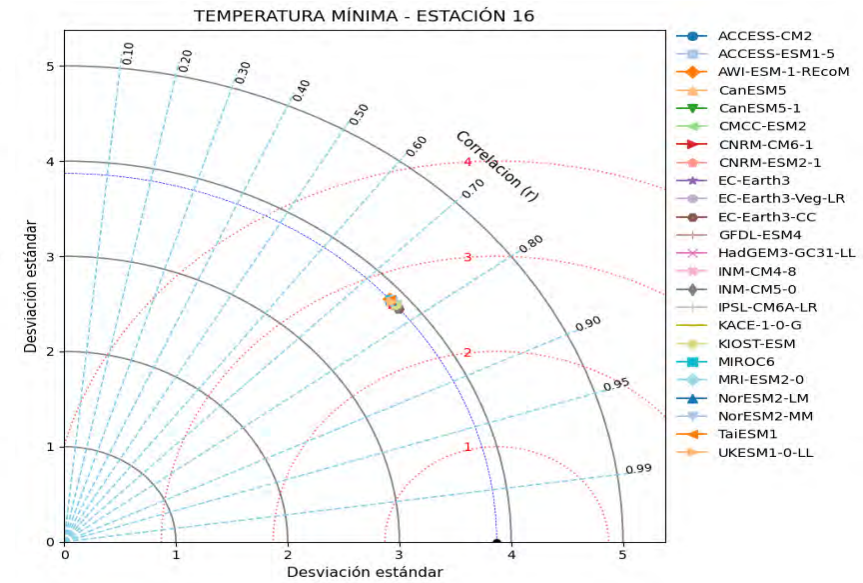
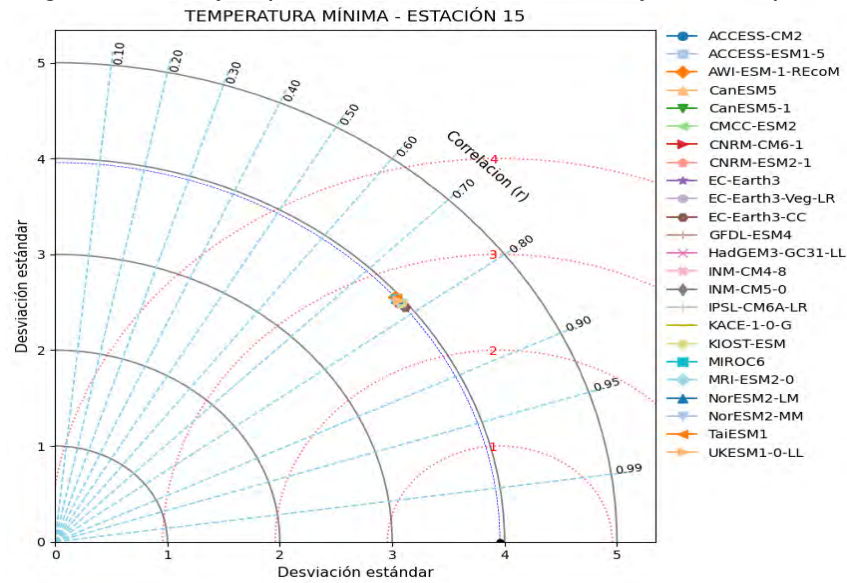


ANEXO N° 94

Diagramas de Taylor para la Estaciones 7, 8, 9 y 10 - Temperatura mínima

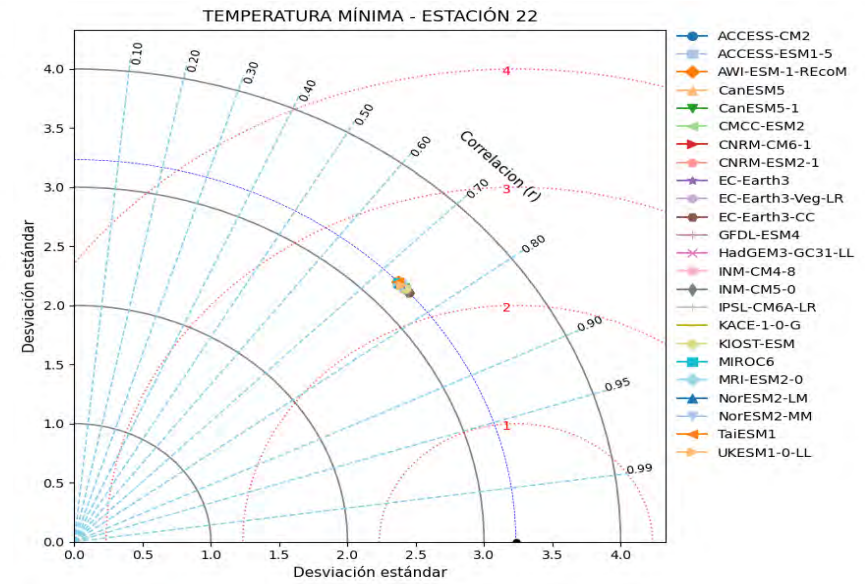
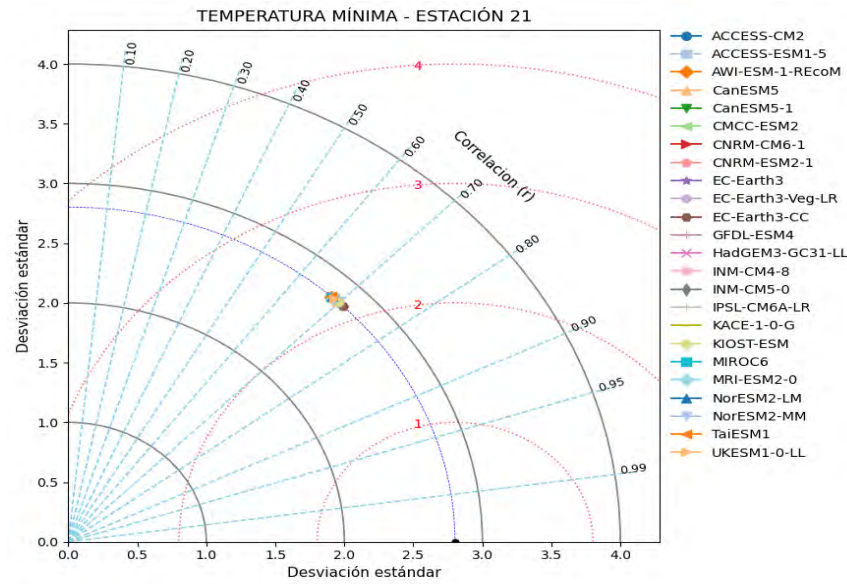
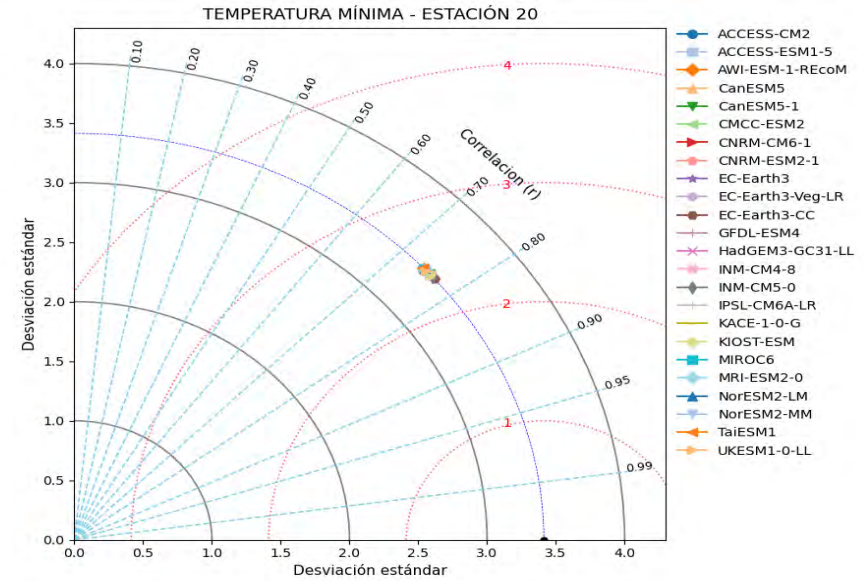
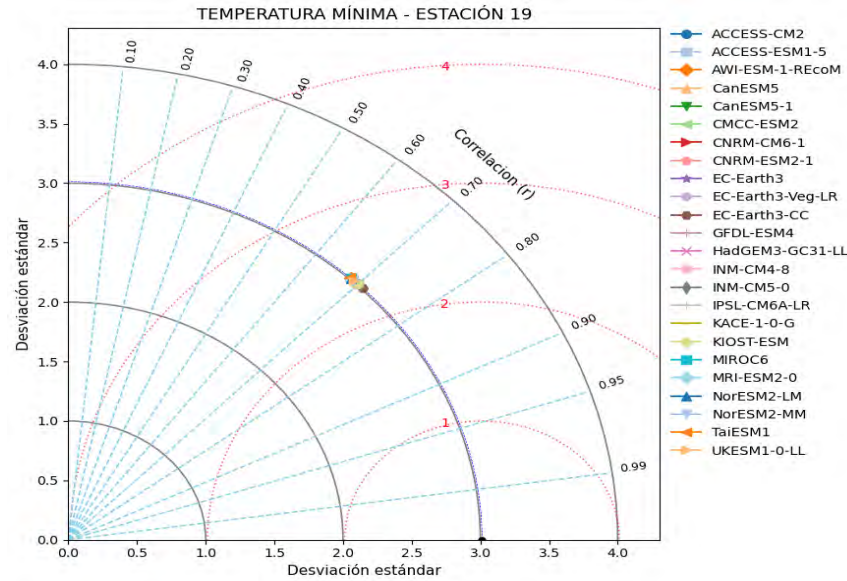


ANEXO N° 95**Diagramas de Taylor para la Estaciones 11, 12, 13 y 14 - Temperatura mínima**

ANEXO N° 96**Diagramas de Taylor para la Estaciones 15, 16, 17 y 18 - Temperatura mínima**

ANEXO N° 97

Diagramas de Taylor para la Estaciones 19, 20, 21 y 22 - Temperatura mínima



ANEXO N° 98*Caudales simulados con el modelo climático ACCESS-ESM1-5*

ACCESS-ESM1-5												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	5.09	12.24	36.82	18.61	7.11	3.74	2.81	2.31	2.07	2.04	2.79	9.30
1984	61.86	50.04	68.44	40.27	16.81	8.53	6.68	5.99	5.40	5.03	6.01	7.89
1985	25.68	35.23	31.39	10.28	5.40	4.13	3.64	3.25	2.98	2.89	2.79	4.73
1986	13.84	20.91	43.69	23.01	7.93	4.33	3.53	3.17	2.90	2.75	2.71	2.89
1987	9.66	33.78	15.03	10.34	4.67	2.92	2.26	2.08	1.93	2.67	2.60	2.03
1988	32.03	37.50	32.14	18.94	7.55	4.65	3.97	3.59	3.47	3.19	3.10	5.03
1989	12.32	38.86	23.06	21.37	7.69	4.37	3.66	3.26	2.92	2.86	2.83	2.98
1990	8.16	20.14	14.25	8.92	4.30	2.52	1.93	1.86	1.78	1.49	1.44	2.50
1991	11.30	41.14	74.31	16.66	6.28	3.99	3.41	3.14	2.84	2.60	2.30	2.12
1992	5.00	9.91	11.22	8.49	4.49	2.32	1.43	1.14	0.98	1.22	1.48	4.56
1993	10.09	50.08	29.30	16.25	6.81	4.10	3.47	3.15	2.90	2.67	2.45	2.91
1994	9.51	45.40	20.87	6.87	3.84	2.84	2.43	2.18	1.98	2.04	2.25	1.91
1995	20.71	43.35	27.41	15.62	7.73	4.32	3.52	3.13	2.82	3.25	3.01	4.29
1996	7.21	22.94	34.82	13.78	6.00	3.35	2.55	2.35	2.26	2.26	2.13	3.75
1997	26.13	43.27	27.54	20.25	9.10	4.92	3.98	3.56	3.20	3.23	3.13	4.25
1998	33.24	45.70	40.80	22.24	8.52	5.14	4.38	4.01	3.70	3.39	4.02	9.42
1999	55.09	112.10	62.87	19.39	8.81	6.21	5.42	4.86	4.71	4.95	4.12	5.47
2000	10.78	20.35	57.75	22.89	9.63	4.45	3.28	2.95	2.78	2.45	2.58	4.42
2001	27.05	38.75	35.85	15.15	6.10	3.96	3.43	3.38	2.91	2.56	2.68	9.55
2002	22.98	44.31	49.04	33.05	10.72	5.73	4.63	4.26	3.98	4.00	3.85	7.76
2003	76.66	61.77	44.79	26.18	10.78	6.66	5.57	5.05	4.49	4.20	5.33	7.52
2004	21.59	36.36	70.54	13.98	6.08	4.09	3.52	3.13	2.75	2.36	2.25	2.78
2005	17.49	69.69	53.46	20.20	8.17	5.03	4.34	4.01	3.70	3.38	3.56	3.55
2006	19.12	28.86	13.65	13.88	5.96	3.58	2.76	2.37	2.15	1.97	1.84	6.83
2007	34.39	30.54	22.20	15.22	6.53	4.09	3.40	3.02	2.67	2.43	2.36	2.25
2008	6.53	20.34	15.31	11.45	4.73	2.68	2.02	1.75	1.57	1.48	2.41	8.18
2009	44.39	23.77	25.07	19.33	7.55	4.56	4.20	3.79	3.28	3.43	3.32	4.74
2010	14.99	43.18	22.94	13.26	5.62	3.60	2.96	2.80	2.68	3.78	2.51	8.95
2011	26.97	59.30	38.02	13.02	6.34	4.38	3.87	3.48	3.08	2.93	2.94	2.91
2012	9.22	69.98	40.01	18.56	7.39	4.60	3.95	3.59	3.31	3.03	3.09	5.38
2013	25.93	37.80	26.78	24.46	10.22	5.03	3.94	3.51	3.21	3.37	4.04	5.88
2014	17.42	22.06	18.23	11.88	5.89	3.40	2.49	2.16	1.98	2.20	5.48	12.93

ANEXO N° 99*Caudales simulados con el modelo climático AWI-ESM-1-REcoM*

AWI-ESM-1-REcoM												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	29.94	59.40	32.04	17.87	8.10	5.28	4.49	4.07	3.65	3.74	3.48	3.30
1984	30.30	36.70	22.15	10.61	5.48	4.04	3.51	3.15	2.94	2.75	2.81	3.46
1985	14.85	19.49	35.95	18.36	7.72	4.22	3.54	3.09	2.64	2.36	3.01	4.45
1986	15.39	41.42	21.43	15.60	5.77	3.53	2.86	2.53	2.25	2.54	2.71	10.60
1987	40.29	25.92	24.98	9.47	5.35	3.85	3.24	2.82	2.80	2.51	2.13	10.86
1988	36.26	40.02	45.10	16.49	6.66	4.44	3.93	3.61	3.43	2.98	3.68	11.59
1989	27.03	29.94	44.05	16.73	7.13	4.57	3.79	3.55	3.29	3.22	4.14	3.75
1990	6.89	44.47	65.88	18.63	7.51	4.41	3.76	3.48	3.45	3.34	3.34	10.69
1991	20.47	24.07	31.39	12.34	5.24	3.62	3.87	3.32	2.53	2.52	2.54	2.27
1992	22.71	29.13	39.06	16.32	6.33	3.90	3.26	2.97	2.78	2.90	3.76	6.82
1993	22.47	56.63	46.47	14.21	6.52	4.58	4.09	3.70	3.29	3.12	3.61	3.60
1994	28.94	25.75	28.75	13.00	5.91	3.75	3.09	2.77	2.51	2.29	2.32	2.28
1995	7.13	41.98	48.02	19.35	8.43	4.78	3.90	3.36	3.02	2.90	3.41	13.65
1996	48.96	40.16	65.71	27.30	13.80	7.25	5.62	4.97	4.40	3.95	4.53	8.68
1997	7.06	10.32	29.95	10.86	4.06	2.24	1.70	1.47	1.38	1.45	1.19	3.99
1998	11.39	43.68	52.27	24.99	8.31	4.60	3.90	3.56	3.31	3.00	2.76	7.05
1999	25.50	47.23	21.07	10.99	6.20	3.88	3.68	3.40	2.49	1.99	2.18	5.11
2000	35.71	38.26	51.87	22.29	9.34	5.65	4.65	4.22	3.87	4.39	7.82	12.45
2001	24.49	31.47	26.18	27.50	9.96	5.31	4.28	4.08	3.57	3.21	3.76	3.73
2002	11.60	61.42	61.96	18.26	7.26	4.65	4.12	3.85	3.80	5.05	6.36	4.61
2003	16.21	37.23	25.10	17.14	7.21	4.16	3.42	3.01	2.65	3.18	3.95	4.76
2004	12.30	29.10	60.08	15.09	6.37	4.29	3.63	3.26	3.04	2.67	2.30	3.71
2005	19.17	30.04	35.89	15.94	6.36	4.06	3.39	3.01	2.64	2.42	2.18	2.13
2006	35.23	31.04	24.50	17.14	7.40	4.19	3.42	3.00	2.68	2.94	2.77	2.35
2007	15.08	28.48	32.77	14.57	6.02	3.80	3.00	2.69	2.39	2.08	2.66	2.82
2008	43.38	43.68	79.21	17.66	8.07	5.23	4.51	4.08	3.65	3.29	2.90	7.88
2009	25.41	66.54	30.56	12.83	6.50	4.40	3.79	3.33	3.06	3.09	2.95	10.47
2010	52.68	55.41	33.40	20.02	9.40	6.48	5.29	4.60	4.22	3.71	2.99	3.07
2011	8.72	53.89	25.78	18.51	9.15	4.64	3.61	3.15	2.84	2.77	2.39	2.80
2012	15.74	57.74	56.22	17.31	8.46	4.80	4.16	4.10	3.40	2.87	2.75	3.22
2013	11.17	34.67	20.99	22.62	7.41	3.94	3.10	2.75	2.82	3.56	2.96	3.13
2014	21.67	37.73	34.60	16.42	7.25	4.21	3.54	3.06	2.75	3.26	3.27	3.55

ANEXO N° 100*Caudales simulados con el modelo climático EC-Earth3*

EC-Earth3												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	4.86	13.56	25.47	11.75	4.68	2.58	1.86	1.60	1.43	1.37	1.59	1.95
1984	9.37	19.14	19.99	11.19	4.81	2.70	1.98	1.83	1.61	1.68	1.71	4.03
1985	20.70	53.55	41.76	21.75	9.02	5.09	4.31	3.96	3.52	3.35	3.00	5.66
1986	11.76	18.99	12.44	6.53	3.65	2.41	1.81	1.57	1.44	1.34	1.52	5.15
1987	33.95	57.14	26.23	14.92	6.83	4.01	3.35	3.06	2.84	2.81	3.78	5.57
1988	16.83	29.32	25.03	11.21	5.05	3.37	2.76	2.46	2.18	1.89	1.75	4.14
1989	30.65	34.07	36.63	13.71	6.14	3.98	3.33	2.98	2.60	2.44	2.36	2.91
1990	24.32	56.04	47.48	20.59	8.20	4.37	3.70	3.32	2.98	2.93	3.42	3.10
1991	27.78	78.51	84.90	29.01	11.00	6.31	5.25	4.80	4.41	5.96	5.41	5.40
1992	8.97	21.31	17.33	8.06	4.04	2.67	2.15	1.88	1.63	1.47	1.95	6.32
1993	24.14	42.39	38.25	13.15	6.02	4.00	3.35	2.99	2.72	2.38	2.39	3.89
1994	24.64	30.55	25.69	12.19	5.90	3.77	3.06	2.70	2.46	2.21	1.88	1.81
1995	10.96	22.93	29.12	16.30	6.27	3.68	2.91	2.77	2.69	2.44	2.21	7.60
1996	41.03	40.12	30.17	15.11	6.78	4.67	4.08	3.73	3.25	2.88	3.44	3.88
1997	12.14	24.55	20.24	10.89	5.20	3.07	2.35	2.05	1.98	2.21	3.10	4.21
1998	17.95	35.59	49.03	22.26	7.29	4.14	3.43	3.08	2.75	2.77	2.72	2.93
1999	38.04	47.16	32.70	15.52	7.34	4.54	3.86	3.59	3.30	3.15	2.90	2.55
2000	11.08	27.94	19.36	12.03	5.26	3.27	2.60	2.31	2.05	1.99	2.37	3.82
2001	18.79	43.39	43.03	20.22	8.07	4.66	3.90	3.51	3.13	3.22	3.43	4.40
2002	14.46	21.08	47.66	14.70	5.62	3.41	2.74	2.45	2.27	2.04	2.16	2.95
2003	34.66	59.61	38.41	23.40	8.93	5.00	4.41	4.06	3.62	3.56	3.78	5.94
2004	26.14	48.20	49.89	19.89	8.76	5.35	4.55	4.26	6.68	4.39	3.65	6.42
2005	12.17	32.48	29.47	13.15	6.23	3.76	3.01	2.77	2.35	2.02	2.20	2.85
2006	12.35	26.83	48.05	18.95	7.16	3.95	3.15	2.82	2.60	2.55	2.71	7.53
2007	30.36	62.49	67.27	17.92	7.72	5.22	4.64	4.26	3.83	3.75	3.62	2.98
2008	19.06	74.82	51.14	15.61	6.70	4.52	4.17	3.61	3.32	3.22	4.67	4.51
2009	12.77	68.71	61.01	14.35	6.50	4.35	3.78	3.42	3.29	3.27	3.26	11.13
2010	42.67	38.26	30.41	15.64	7.51	4.46	3.83	3.52	3.20	2.85	2.97	8.24
2011	19.01	48.29	57.03	25.93	9.50	5.42	4.52	4.16	3.81	3.43	3.82	8.71
2012	46.59	50.90	32.58	13.88	7.13	4.75	4.13	3.71	3.29	3.34	4.14	8.30
2013	55.55	55.69	54.27	21.47	8.27	5.61	4.81	4.36	4.02	4.11	4.77	9.51
2014	41.32	44.14	49.78	18.93	8.22	5.33	4.64	4.26	4.02	3.63	3.21	6.08

ANEXO N° 101*Caudales simulados con el modelo climático EC-Earth3-CC*

EC-Earth3-CC												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	10.13	42.48	44.55	18.30	6.56	4.03	3.55	3.29	2.90	2.49	2.47	4.21
1984	13.07	37.49	24.56	12.38	5.27	3.51	2.91	2.62	2.32	2.17	2.03	3.51
1985	10.72	19.67	40.10	11.12	4.69	3.04	2.47	2.34	2.21	2.16	2.05	2.27
1986	14.06	17.96	18.37	7.81	3.87	2.29	1.72	1.49	1.37	1.58	2.49	2.77
1987	31.86	34.13	43.26	13.56	5.71	3.87	3.29	3.12	2.77	2.66	2.79	4.23
1988	40.92	57.50	56.36	21.31	9.34	5.73	4.87	4.44	4.12	3.49	3.29	3.62
1989	61.90	60.73	77.64	23.13	10.25	5.62	4.57	4.15	3.84	3.86	3.43	4.87
1990	14.34	33.57	23.60	13.47	6.01	3.89	3.32	2.93	2.62	2.45	2.32	2.07
1991	5.53	11.04	14.87	9.32	3.86	2.09	1.56	1.42	1.31	1.21	1.76	2.18
1992	15.91	20.66	19.24	13.44	5.28	3.09	2.40	2.15	2.01	1.98	2.71	3.55
1993	11.21	29.14	41.04	15.58	5.81	3.76	3.11	2.77	2.56	2.42	2.68	4.54
1994	29.11	43.97	35.63	14.78	6.66	4.25	3.63	3.23	2.97	2.98	3.08	2.93
1995	9.49	14.06	34.59	12.25	5.32	3.08	2.35	2.18	1.97	1.90	1.99	2.45
1996	6.14	16.64	14.17	7.58	4.23	2.39	1.71	1.57	1.36	1.38	1.32	2.44
1997	19.68	53.23	44.73	15.30	6.18	4.04	3.47	3.16	3.03	2.78	2.88	6.06
1998	19.08	50.34	69.90	23.44	8.79	5.17	4.36	3.97	3.57	3.17	3.11	2.99
1999	11.28	40.68	27.91	14.12	5.81	3.77	3.15	2.61	2.37	2.64	3.02	4.50
2000	15.29	32.53	35.65	17.00	6.96	4.07	3.35	2.96	2.70	3.26	4.19	8.00
2001	25.04	28.00	36.36	18.36	7.68	4.17	3.39	3.02	3.08	3.07	4.17	6.92
2002	29.06	43.14	55.08	30.30	11.28	5.96	4.65	4.20	3.82	3.59	3.74	3.89
2003	6.01	18.53	22.90	12.68	4.94	2.83	2.13	1.91	1.70	1.60	2.09	5.59
2004	30.95	40.68	32.89	23.95	8.94	5.09	4.24	3.81	3.49	3.77	3.67	9.10
2005	37.55	48.01	38.60	13.31	6.80	4.84	4.31	4.04	3.59	3.76	3.54	3.31
2006	23.48	52.41	30.97	17.30	8.55	4.66	3.70	3.28	2.96	2.98	3.99	6.69
2007	26.78	68.18	61.90	23.94	9.39	5.82	5.00	4.65	4.18	3.61	3.85	5.99
2008	25.99	46.14	49.36	20.45	8.16	5.06	4.30	4.02	3.69	3.61	4.36	13.69
2009	47.68	47.82	52.28	40.43	12.75	7.44	5.98	5.28	4.85	4.70	5.32	9.89
2010	47.64	43.97	49.27	21.88	8.86	5.89	5.04	4.55	4.20	3.97	4.36	3.73
2011	45.53	26.25	21.41	10.00	5.22	3.79	3.19	2.85	3.62	3.08	2.78	7.93
2012	19.82	32.02	35.88	24.19	8.24	4.22	3.35	2.96	2.77	2.64	2.42	3.30
2013	48.31	114.90	51.66	26.63	10.28	5.93	4.99	4.56	4.15	3.75	3.44	10.29
2014	27.33	55.57	46.83	19.27	8.51	5.16	4.41	4.06	3.85	3.42	3.71	4.67

ANEXO N° 102*Caudales simulados con el modelo climático INM-CM4-8*

INM-CM4-8												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	43.71	52.25	71.91	34.79	9.06	5.00	4.15	3.79	3.35	2.96	3.35	10.76
1984	39.13	77.54	111.20	24.65	9.43	5.78	4.86	4.38	4.14	4.37	3.53	3.95
1985	19.86	25.57	19.46	16.01	6.76	3.79	2.98	2.62	2.38	2.10	4.36	10.15
1986	21.66	46.79	84.81	12.88	7.18	4.52	3.91	3.55	3.10	3.29	14.84	20.37
1987	41.45	90.60	17.65	12.67	7.34	5.79	4.11	3.50	3.02	2.65	2.86	25.46
1988	75.67	27.21	27.86	15.74	7.70	5.01	4.26	3.87	3.57	5.21	4.45	9.95
1989	15.29	30.62	15.72	9.35	4.52	3.09	2.54	2.25	2.15	1.92	1.49	4.10
1990	8.66	49.45	53.47	19.98	5.80	3.25	2.55	2.29	3.05	2.97	2.09	13.56
1991	34.57	36.77	29.95	10.58	5.06	3.79	3.32	3.07	2.81	2.45	3.34	23.08
1992	100.10	71.26	28.98	15.11	8.12	5.37	4.59	4.17	3.74	3.21	2.74	12.09
1993	35.27	58.64	48.41	34.44	9.12	5.27	4.42	4.06	3.67	3.52	3.49	2.64
1994	27.74	20.83	8.89	6.10	3.60	2.11	1.47	1.23	1.06	0.96	1.13	2.43
1995	3.46	18.86	52.47	14.33	5.42	2.87	2.13	2.29	2.22	13.15	8.52	3.74
1996	23.97	11.44	11.13	11.04	5.03	2.90	2.16	2.00	1.78	2.88	20.90	30.70
1997	56.76	69.17	63.12	48.83	13.07	7.34	5.97	5.32	4.67	4.29	4.18	4.47
1998	11.60	42.98	37.25	12.81	5.86	3.88	3.24	2.88	2.63	2.68	2.81	16.26
1999	44.62	35.23	61.17	15.16	7.05	4.73	3.94	3.43	3.02	3.50	3.46	2.37
2000	48.08	37.50	22.04	17.82	7.01	4.22	3.58	3.13	2.70	2.42	2.00	1.90
2001	25.74	24.64	14.91	8.79	4.15	2.66	2.15	1.97	1.98	1.73	2.92	3.50
2002	9.47	21.25	57.00	19.53	6.99	3.91	3.14	2.85	2.62	2.26	4.24	4.51
2003	8.04	54.83	18.01	11.46	5.17	3.15	2.56	2.44	2.12	1.98	2.01	3.39
2004	4.51	9.72	23.35	13.45	5.25	2.88	2.93	2.69	1.81	1.45	1.79	14.86
2005	16.02	59.08	52.40	12.05	5.34	3.97	3.53	3.18	3.14	4.14	8.98	10.30
2006	39.37	132.50	60.51	19.72	8.26	5.27	4.52	4.13	3.73	3.37	3.52	2.76
2007	5.72	60.88	44.54	11.78	4.72	2.98	2.40	2.12	1.87	1.61	1.47	5.17
2008	22.36	50.54	28.41	10.47	4.55	3.19	2.75	2.58	2.51	2.71	3.65	6.67
2009	66.42	52.67	32.87	16.49	7.72	9.10	5.28	4.70	4.13	3.46	2.97	2.75
2010	17.97	41.05	43.26	28.72	14.01	5.39	3.88	3.43	3.12	3.34	3.31	3.20
2011	56.12	34.94	62.32	13.59	6.16	4.25	3.70	3.32	3.00	2.67	2.32	4.04
2012	20.19	67.56	134.30	28.94	9.97	5.07	4.11	3.75	3.55	3.21	2.73	4.86
2013	34.41	31.81	62.29	12.88	5.26	3.63	3.09	2.78	2.49	8.22	5.71	2.85
2014	31.48	49.48	27.02	22.34	8.38	4.87	4.10	3.69	5.92	6.14	4.06	3.68

ANEXO N° 103*Caudales simulados con el modelo climático IPSL-CM6A-LR*

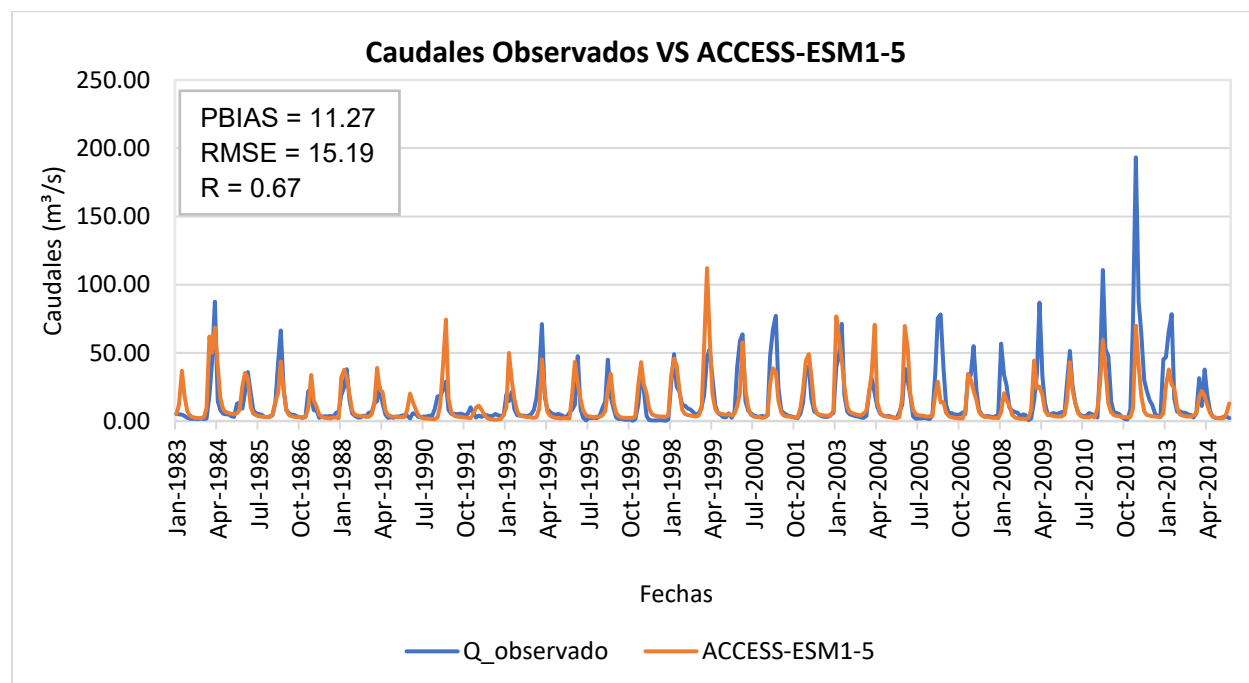
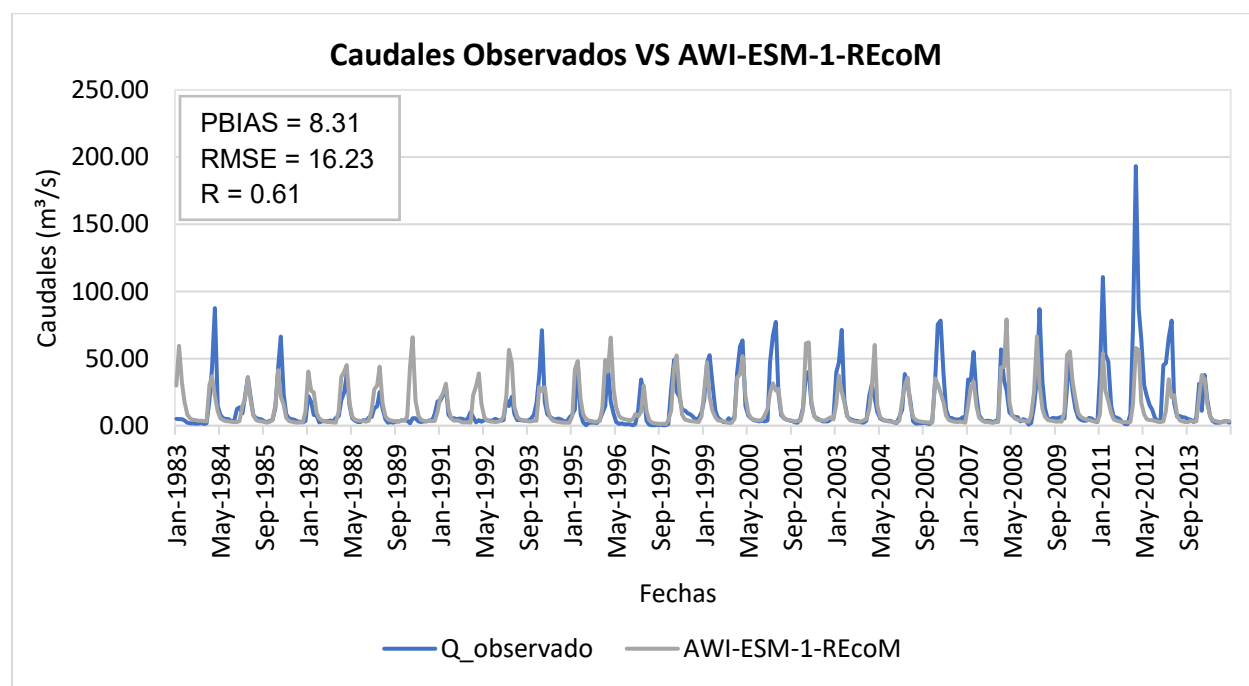
IPSL-CM6A-LR												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	25.32	41.55	19.80	10.88	5.89	3.91	3.25	3.02	2.80	3.07	2.81	4.98
1984	5.04	9.76	9.18	8.85	4.54	2.13	1.39	1.21	0.99	1.41	2.33	3.15
1985	11.46	13.56	12.57	13.21	5.84	2.89	1.96	1.66	1.52	1.65	2.28	2.86
1986	6.67	34.32	26.57	10.74	4.70	3.15	2.72	2.43	5.46	3.94	2.54	2.47
1987	6.09	35.86	27.44	11.60	5.15	3.13	2.36	2.19	1.84	1.67	2.18	4.62
1988	27.15	49.14	28.98	16.39	8.51	4.90	4.05	3.65	4.19	3.81	3.00	2.65
1989	4.10	40.90	27.27	10.18	4.69	2.93	2.28	2.03	1.92	1.86	1.52	2.58
1990	14.15	47.25	40.33	17.35	7.24	4.05	3.25	2.90	2.61	2.59	2.59	5.68
1991	9.80	16.25	20.65	12.81	5.25	3.23	2.29	1.93	1.72	2.09	2.86	3.31
1992	21.64	15.02	12.36	9.08	4.18	2.48	1.84	1.70	1.61	1.31	1.17	5.37
1993	19.94	50.43	30.01	13.65	5.80	4.02	3.49	3.16	2.85	3.00	4.19	7.31
1994	41.50	49.43	30.45	15.91	6.88	4.52	4.04	3.69	3.21	2.72	2.72	5.70
1995	13.91	59.49	35.50	22.03	8.02	4.71	4.01	3.58	3.18	3.05	3.57	6.54
1996	14.22	57.57	36.04	15.18	6.91	4.77	4.07	3.77	3.51	2.97	3.02	3.02
1997	5.03	23.91	39.71	15.62	6.33	3.67	2.93	2.69	2.45	2.31	2.00	7.00
1998	17.55	65.98	68.83	23.67	9.87	5.78	5.02	4.58	4.14	3.94	3.64	3.80
1999	9.31	26.75	32.56	16.12	6.24	3.66	2.93	2.59	2.30	2.09	2.19	6.56
2000	16.95	28.83	48.50	18.64	7.67	4.41	3.72	3.38	3.05	2.76	3.43	7.41
2001	11.32	29.10	43.08	21.68	8.06	4.34	3.62	3.28	2.99	4.14	4.05	7.84
2002	28.67	25.13	23.39	9.40	4.72	3.30	2.69	2.36	2.06	1.90	2.85	6.49
2003	45.20	27.05	14.54	9.76	5.66	3.44	2.65	2.29	2.18	2.00	2.98	8.36
2004	13.61	19.87	20.64	12.90	5.42	3.35	2.59	2.31	2.08	1.95	2.93	5.15
2005	27.11	31.42	45.75	16.24	6.53	4.24	3.74	3.57	3.22	2.65	2.37	3.33
2006	9.48	19.89	27.20	16.65	6.02	3.24	2.51	2.20	2.60	3.53	4.03	2.84
2007	16.41	19.84	38.05	29.06	9.86	4.84	3.80	3.40	3.09	2.99	3.11	4.17
2008	22.88	50.82	44.46	19.39	8.46	5.15	4.37	4.03	3.63	3.24	2.91	3.32
2009	7.06	23.44	39.02	23.00	10.76	4.72	3.53	3.12	2.73	2.40	3.02	12.76
2010	21.52	30.94	24.56	14.30	5.49	3.55	2.97	2.66	2.38	2.47	3.31	5.28
2011	14.76	18.26	36.46	16.12	6.10	3.66	2.94	2.62	2.45	2.46	2.76	3.52
2012	11.07	33.13	29.26	20.43	6.97	3.84	3.06	2.74	2.49	3.41	3.42	10.68
2013	20.41	40.00	48.86	23.62	10.19	5.30	4.15	3.74	3.42	3.02	2.81	3.28
2014	18.48	38.18	48.75	25.32	8.95	4.68	3.86	3.49	3.26	4.65	5.72	6.68

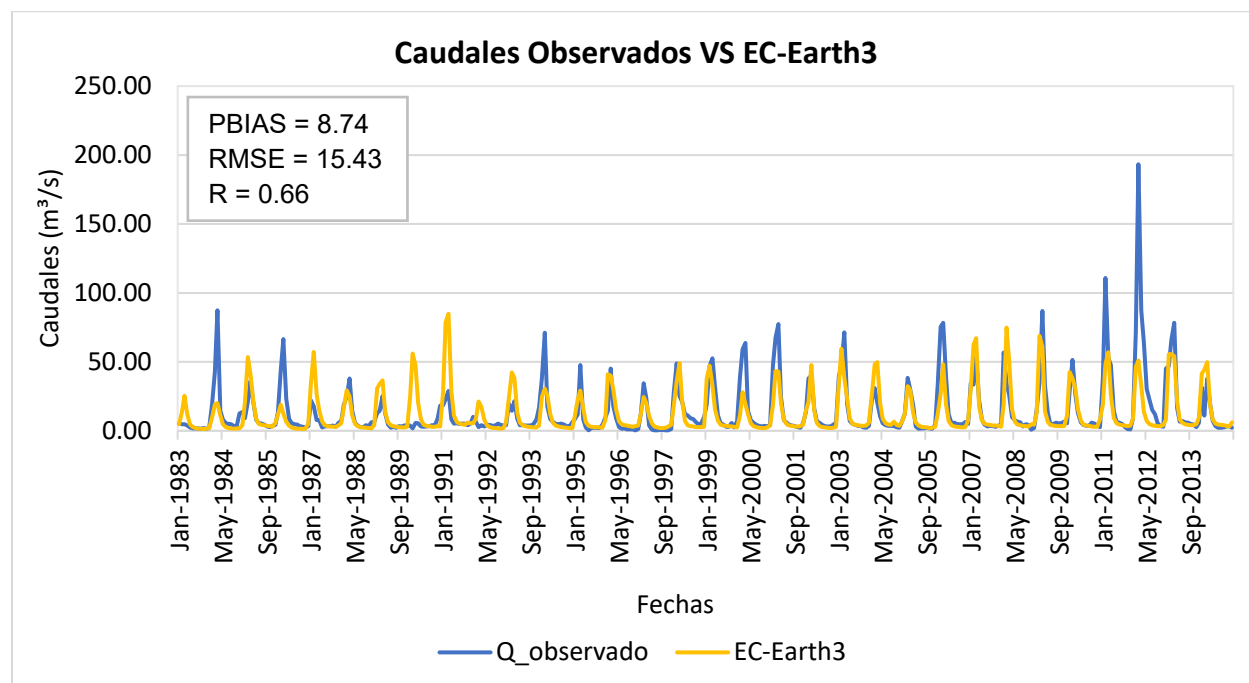
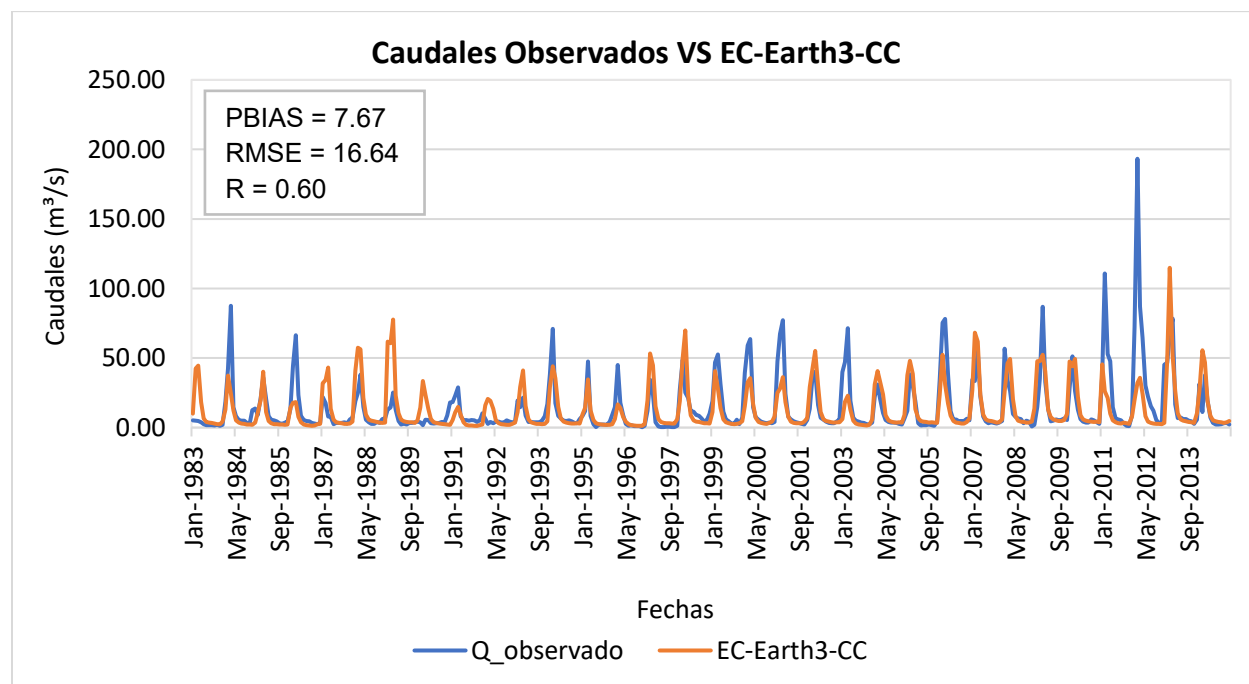
ANEXO N° 104*Caudales simulados con el modelo climático NorESM2-LM*

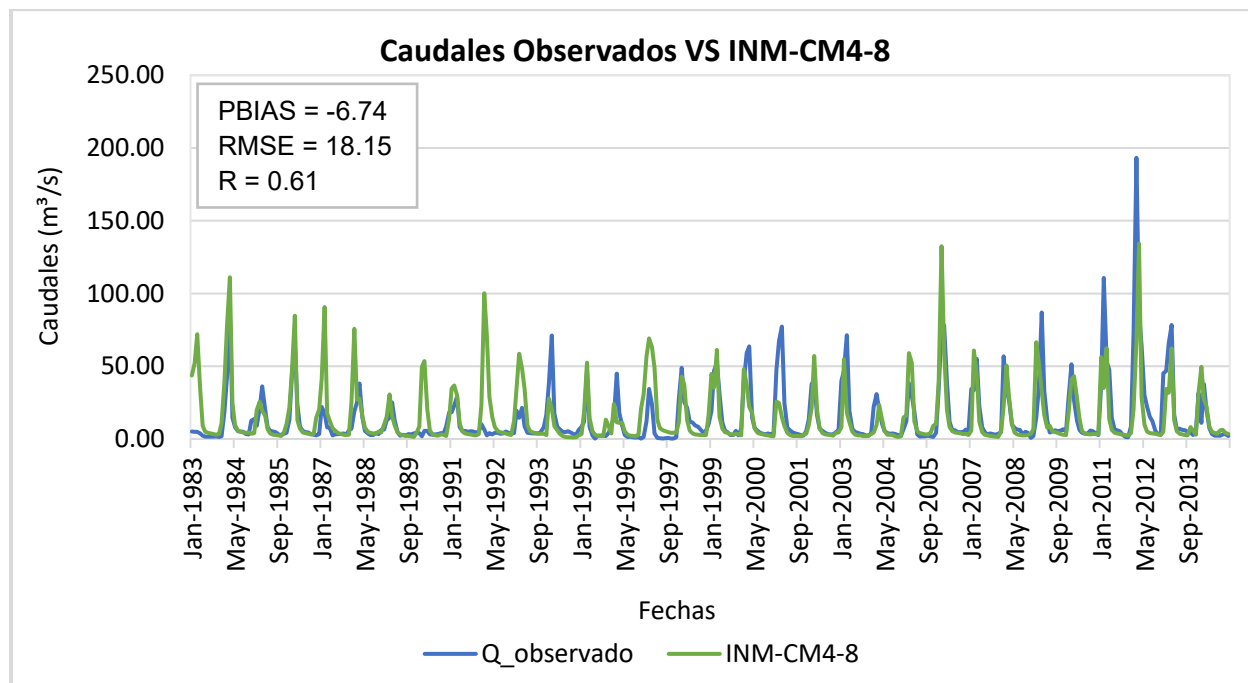
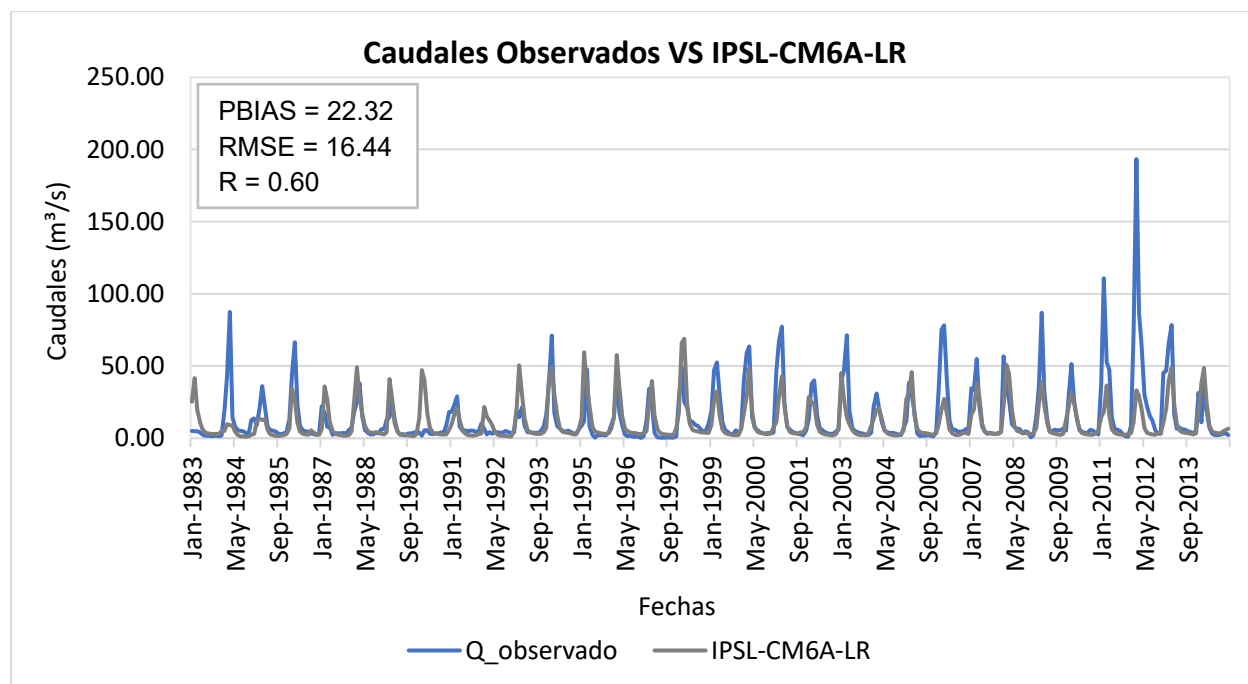
NorESM2-LM												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	17.05	36.19	14.52	8.71	4.18	2.76	2.28	1.93	1.68	1.54	1.42	3.18
1984	28.38	31.10	29.92	16.58	6.30	3.66	2.92	2.61	2.34	2.74	4.37	5.49
1985	12.66	39.94	41.65	14.24	5.99	5.25	4.06	3.17	2.71	2.98	4.54	15.18
1986	28.95	25.85	30.48	16.73	6.89	4.24	3.58	3.20	3.01	2.92	3.81	8.30
1987	21.68	50.64	63.59	23.97	9.33	5.44	4.55	4.18	3.73	3.74	4.16	5.81
1988	38.75	30.72	53.88	19.29	9.12	5.43	4.46	4.02	3.64	4.13	6.15	4.84
1989	47.70	60.20	38.26	24.20	11.27	6.46	5.32	5.34	4.73	3.79	4.89	8.47
1990	49.63	43.18	31.25	20.64	7.80	5.02	4.29	3.88	3.59	3.63	3.37	2.73
1991	7.20	19.28	28.04	9.66	4.14	2.35	1.75	1.56	1.37	1.27	1.30	1.25
1992	5.44	16.95	15.25	13.05	4.98	2.39	1.58	1.39	1.31	1.76	3.25	9.86
1993	55.60	56.18	57.01	17.39	7.90	5.63	4.98	4.50	4.23	4.07	4.01	8.03
1994	50.15	68.79	94.46	23.43	11.62	7.14	5.95	5.31	4.83	4.54	3.91	4.64
1995	9.50	26.15	21.35	15.51	5.52	3.11	2.41	2.25	1.98	2.04	1.98	13.27
1996	19.16	52.73	68.89	16.92	7.46	5.00	4.40	4.13	3.65	3.18	2.77	2.38
1997	15.56	64.18	26.40	15.59	7.24	4.37	3.56	3.09	2.71	2.86	3.08	8.55
1998	23.03	56.04	20.87	13.56	5.32	3.37	2.80	2.51	2.21	2.11	4.76	12.89
1999	7.54	46.18	67.76	24.49	8.85	5.01	4.22	3.99	3.98	3.52	3.35	3.80
2000	10.10	18.29	14.08	9.62	4.32	2.43	1.73	1.46	1.38	1.26	1.24	2.69
2001	8.69	23.56	14.44	5.63	2.96	1.64	1.22	1.09	0.94	1.20	1.54	2.40
2002	11.23	44.57	52.49	14.72	5.85	3.84	3.25	3.01	2.75	3.26	3.25	12.24
2003	50.97	65.97	69.12	27.12	10.79	6.69	5.66	5.10	4.54	4.08	4.24	8.79
2004	50.29	57.45	19.59	16.77	7.43	4.70	4.07	3.64	3.95	3.27	2.73	13.80
2005	33.96	19.96	23.74	25.17	8.12	4.10	3.32	2.93	2.61	2.57	4.41	17.06
2006	41.25	64.23	44.09	29.72	10.72	6.43	5.38	4.83	4.53	5.09	4.19	9.98
2007	27.53	61.47	15.81	10.53	5.47	3.74	3.20	2.82	2.47	2.57	2.70	2.29
2008	9.62	43.22	20.12	12.83	6.07	3.47	2.75	2.35	2.06	1.92	4.04	16.69
2009	40.10	40.35	51.44	21.43	7.43	4.74	4.12	3.72	3.32	3.05	3.17	4.46
2010	46.27	69.29	50.60	18.38	9.31	5.78	5.00	4.56	4.12	3.89	3.28	3.36
2011	17.90	56.69	62.12	25.44	10.14	5.50	4.48	4.12	3.68	4.12	4.37	3.40
2012	13.51	23.78	32.87	18.35	7.43	4.08	3.11	2.68	2.48	2.47	2.92	6.56
2013	39.08	22.21	41.59	22.18	10.24	5.13	3.95	3.45	3.13	2.87	2.58	3.16
2014	5.01	10.04	12.90	5.76	2.45	1.21	0.89	0.74	0.63	0.63	0.68	6.78

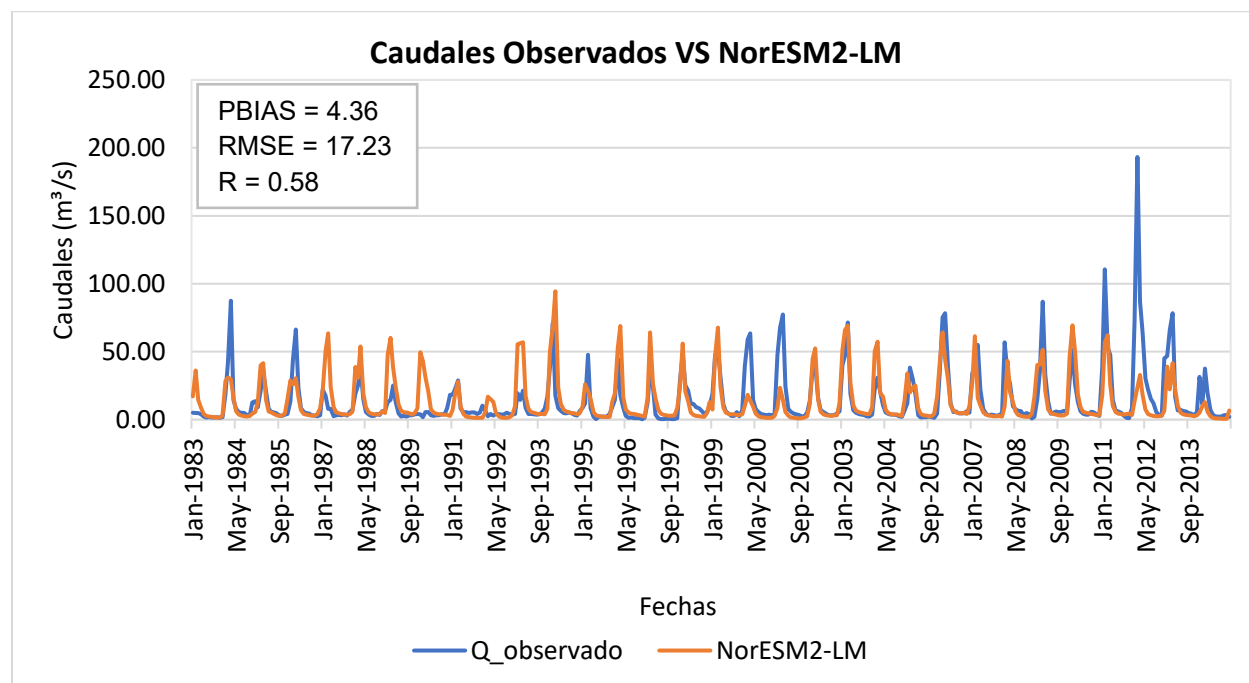
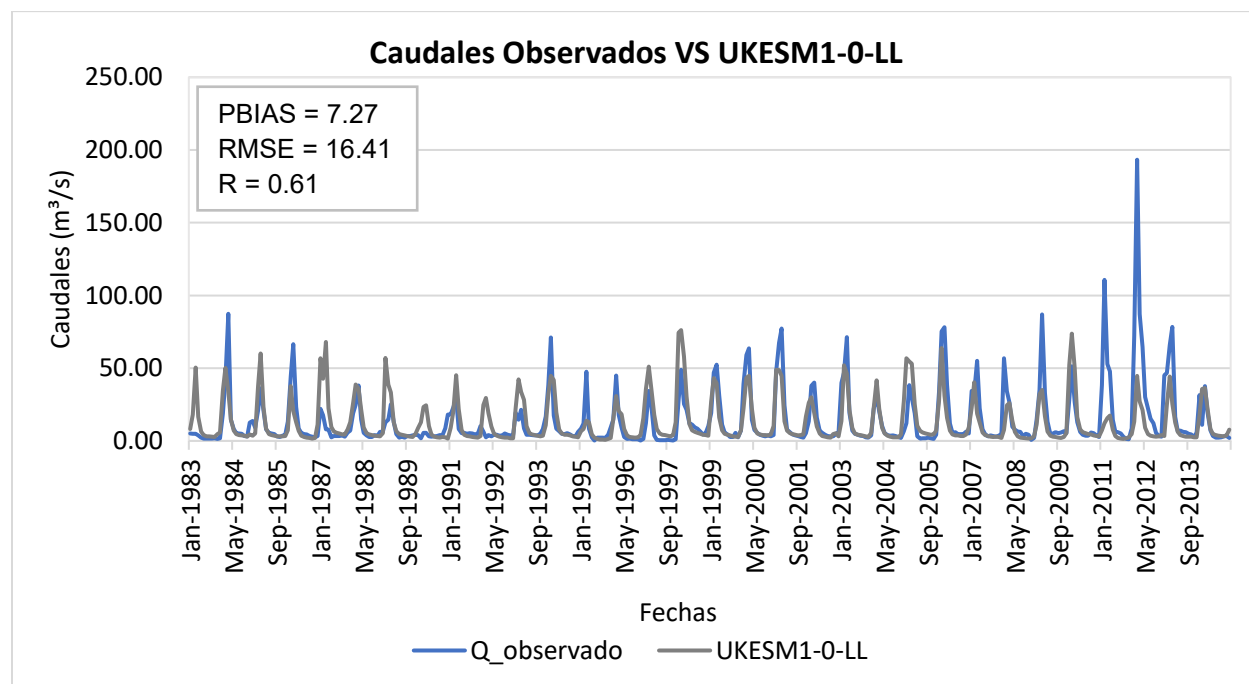
ANEXO N° 105*Caudales simulados con el modelo climático UKESM1-0-LL*

UKESM1-0-LL												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983	8.24	18.04	50.46	16.65	6.42	3.94	3.17	3.10	2.94	2.65	4.71	5.83
1984	34.54	50.18	33.88	14.85	7.14	4.64	4.04	3.78	3.50	3.00	4.44	3.65
1985	5.19	37.65	60.13	22.86	8.50	4.72	3.95	3.57	3.19	3.10	3.24	3.29
1986	7.40	37.61	20.61	12.73	6.77	3.51	2.61	2.27	1.95	1.68	1.94	11.17
1987	56.89	42.67	68.00	22.43	9.62	6.39	5.51	5.15	4.44	4.42	8.03	12.71
1988	25.98	38.68	35.95	21.88	9.31	5.42	4.46	4.02	3.60	3.27	3.06	5.34
1989	57.07	38.67	33.33	12.84	6.63	4.71	4.17	3.73	3.28	2.96	2.80	4.80
1990	8.83	12.84	23.28	24.52	10.17	4.24	2.92	2.49	2.27	2.77	2.47	1.64
1991	8.99	20.02	45.10	21.84	7.48	4.15	3.40	3.05	2.73	2.47	2.34	3.32
1992	24.72	29.43	19.01	10.01	5.07	3.48	2.86	2.51	2.28	2.27	1.80	1.71
1993	22.72	42.20	33.80	28.28	10.09	5.37	4.37	3.99	3.58	3.17	3.57	10.82
1994	32.04	44.66	41.86	19.69	7.72	5.02	4.33	4.19	3.73	3.11	2.96	2.47
1995	6.55	8.09	14.02	12.72	4.56	2.27	1.37	1.02	0.86	0.76	1.37	2.05
1996	15.05	30.80	20.57	18.24	8.11	3.81	2.70	2.37	2.27	2.41	3.88	15.61
1997	35.77	51.14	35.73	17.84	8.28	5.07	4.30	3.96	3.55	3.04	3.91	12.88
1998	74.39	76.17	57.96	30.59	11.45	7.31	6.29	5.60	4.92	4.30	3.99	3.52
1999	27.23	43.14	39.62	16.22	7.38	4.83	4.24	3.70	3.19	2.91	2.81	7.39
2000	22.19	43.33	44.66	22.52	9.07	5.20	4.36	4.01	3.93	3.88	4.54	10.23
2001	48.82	48.65	44.76	13.53	7.20	5.33	4.66	4.25	3.81	4.00	4.43	16.73
2002	26.17	29.97	19.22	9.93	5.05	3.46	2.84	2.46	2.23	4.77	5.29	3.21
2003	13.74	51.87	46.33	21.41	8.97	5.14	4.32	4.08	3.50	3.04	2.59	5.57
2004	23.04	41.65	22.23	9.13	5.14	3.53	2.83	2.49	2.42	2.45	4.46	27.23
2005	56.81	54.69	53.13	25.44	10.50	6.80	5.83	5.18	4.64	4.27	4.53	7.19
2006	27.54	63.89	30.97	15.85	7.18	4.43	3.87	3.82	3.25	3.30	4.54	9.23
2007	22.71	40.34	18.83	12.61	5.67	3.92	3.27	2.86	2.60	2.86	2.75	1.99
2008	7.48	24.51	25.92	13.88	6.20	3.19	2.31	2.03	1.78	1.70	1.92	3.09
2009	11.22	32.25	34.99	16.88	6.49	3.59	2.95	2.78	2.27	2.03	2.77	5.39
2010	52.28	73.69	50.07	16.26	8.00	5.90	5.24	4.69	4.39	3.77	3.27	3.03
2011	7.31	12.13	15.75	17.40	7.73	3.31	2.03	1.63	1.44	1.72	2.45	4.60
2012	13.30	44.70	27.17	21.13	9.18	4.61	3.66	3.24	2.95	3.05	4.01	3.30
2013	24.84	44.20	25.65	12.63	6.11	3.99	3.32	2.96	2.83	2.95	2.48	2.45
2014	17.75	35.74	36.36	22.17	8.15	4.75	3.95	3.52	3.28	3.09	4.01	7.77

ANEXO N° 106*Comparación de Caudales Observados vs ACCESS-ESM1-5***ANEXO N° 107***Comparación de Caudales Observados vs AWI-ESM-1-REcoM*

ANEXO N° 108*Comparación de Caudales Observados vs EC-Earth3***ANEXO N° 109***Comparación de Caudales Observados vs EC-Earth3-CC*

ANEXO N° 110*Comparación de Caudales Observados vs INM-CM4-8***ANEXO N° 111***Comparación de Caudales Observados vs IPSL-CM6A-LR*

ANEXO N° 112*Comparación de Caudales Observados vs NorESM2-LM***ANEXO N° 113***Comparación de Caudales Observados vs UKESM1-0-LL*

ANEXO N° 114*Promedio de precipitación acumulada mensual de la cuenca - Escenario SSP2-4.5*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	159.99	201.69	120.87	58.92	10.28	2.84	7.89	5.29	6.33	46.56	30.70	79.79
2018	387.84	290.08	77.22	71.74	5.12	0.01	0.08	4.14	12.91	28.68	44.48	101.75
2019	104.03	120.71	161.80	67.57	14.40	0.52	3.29	1.04	3.21	35.73	37.97	61.16
2020	114.87	184.40	157.09	66.78	22.60	0.41	0.51	7.77	1.78	30.16	15.70	84.48
2021	156.99	143.87	62.19	47.09	4.56	0.00	1.62	4.73	11.40	16.75	50.37	71.85
2022	121.95	121.36	222.06	112.93	5.63	3.06	1.64	0.93	10.78	34.50	39.13	124.14
2023	186.29	220.95	83.57	20.38	2.41	0.72	3.14	2.91	9.29	25.15	34.27	95.28
2024	114.85	210.31	193.51	44.06	3.13	1.32	0.13	3.33	8.66	47.41	27.16	46.88
2025	97.26	138.22	130.93	20.48	7.70	5.65	8.39	1.75	8.35	12.31	12.30	64.76
2026	211.31	34.41	98.22	68.83	9.37	1.14	1.44	0.67	20.46	29.27	35.81	133.03
2027	250.09	228.04	221.70	99.93	22.94	1.03	5.97	10.36	11.02	27.90	46.84	64.12
2028	166.15	129.17	149.29	45.06	6.58	0.07	2.08	1.32	13.31	26.04	64.42	116.00
2029	129.83	179.73	258.33	33.15	3.84	1.43	4.61	5.43	16.06	18.32	68.38	15.79
2030	206.35	257.16	84.99	18.10	3.82	1.63	0.01	2.09	4.52	33.01	75.86	39.83
2031	100.78	287.50	251.43	98.38	1.90	2.99	2.11	3.58	7.16	30.99	54.44	66.45
2032	164.59	257.81	113.04	70.95	4.26	1.84	0.01	1.95	20.98	30.96	37.61	87.01
2033	321.82	211.87	98.76	42.07	9.56	1.84	5.24	0.87	6.59	28.09	46.75	104.69
2034	93.42	106.81	147.56	83.26	4.61	17.06	0.75	1.58	11.59	34.96	75.90	157.15
2035	155.89	232.08	161.25	22.04	4.41	0.07	0.69	3.62	21.37	35.62	46.61	15.59
2036	221.52	113.21	161.71	52.95	2.95	0.01	0.00	3.07	11.81	21.86	44.50	73.59
2037	46.89	223.67	120.84	76.01	7.64	1.87	0.45	1.95	8.93	40.72	58.40	129.14
2038	48.74	292.01	117.23	41.53	10.34	4.62	0.00	2.29	11.83	22.62	80.21	143.89
2039	221.22	218.21	302.02	81.42	9.64	0.64	2.57	0.68	11.37	41.34	60.57	131.54
2040	144.92	95.58	114.05	35.90	12.64	1.55	0.37	2.36	7.34	38.66	77.28	132.50
2041	183.33	38.05	162.88	48.98	7.56	1.02	1.47	2.21	7.72	25.91	61.07	183.29
2042	114.36	147.69	91.62	70.46	6.66	0.07	0.32	0.83	7.82	29.02	29.47	61.93
2043	211.59	64.98	136.18	50.33	7.91	2.89	2.21	1.95	10.40	32.76	24.57	53.67
2044	185.81	297.78	155.60	44.62	8.60	0.00	0.66	3.13	17.49	21.22	40.67	100.37
2045	170.11	217.31	101.52	56.79	4.24	1.80	10.53	2.08	29.80	11.84	59.83	54.16
2046	202.51	183.65	211.72	106.50	9.19	3.92	0.83	0.95	17.37	35.63	26.27	138.38
2047	151.93	114.64	114.78	28.76	2.49	0.90	4.70	1.98	10.72	39.20	64.89	187.31
2048	215.47	145.87	164.00	15.25	1.48	3.69	0.00	4.30	13.42	31.33	79.39	244.51
2049	237.06	357.12	172.47	72.63	6.28	1.64	2.69	8.79	14.97	35.56	91.45	111.88
2050	118.05	231.70	278.82	24.10	10.72	1.90	0.30	2.68	13.78	16.97	78.01	202.06
2051	153.87	211.91	68.80	32.22	1.01	0.23	2.03	1.28	10.98	36.60	21.18	154.02
2052	211.45	151.82	211.88	75.04	8.02	0.15	0.73	1.45	10.78	45.37	34.34	47.27
2053	256.84	278.85	282.22	99.08	5.67	0.46	1.15	2.31	15.26	63.69	15.30	99.15
2054	88.48	121.29	149.72	56.01	7.30	5.02	3.29	1.49	12.00	44.81	52.29	108.55
2055	121.52	117.91	180.95	47.96	3.08	2.22	5.89	2.05	7.79	52.52	130.47	87.25
2056	104.36	222.54	102.65	95.14	7.28	0.77	1.45	1.11	15.40	13.58	44.91	185.38
2057	204.80	308.77	195.34	74.80	15.33	5.69	1.19	2.26	15.83	28.05	94.91	60.55

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2058	112.44	231.96	74.85	51.51	5.73	2.98	1.09	2.35	3.71	30.42	60.99	49.94
2059	112.88	283.53	198.10	85.56	15.02	0.21	2.61	2.12	15.26	55.10	77.10	172.69
2060	71.66	231.63	85.19	63.83	10.76	3.25	1.81	4.23	8.63	25.47	44.74	95.43
2061	112.72	211.50	96.55	74.84	1.98	1.21	4.15	2.62	15.27	55.70	19.09	165.57
2062	132.77	471.04	65.34	35.49	0.03	0.00	0.38	1.99	28.13	23.67	74.56	63.20
2063	131.47	200.65	203.74	129.76	0.34	1.71	0.68	1.69	15.71	38.81	86.58	61.05
2064	187.99	99.33	60.67	72.77	7.37	0.01	1.97	0.42	14.31	43.39	22.44	125.52
2065	123.33	278.24	280.25	128.74	12.64	0.51	1.99	4.13	20.79	33.40	83.95	111.02
2066	199.08	202.54	306.88	125.60	20.78	1.81	1.39	1.41	16.18	5.03	79.77	227.37
2067	69.76	101.70	209.74	59.09	5.85	0.02	1.58	0.62	17.42	22.91	40.14	122.53
2068	209.47	145.05	135.70	57.22	11.25	3.58	2.18	0.16	10.49	11.49	73.24	208.48
2069	104.08	147.69	233.51	162.28	6.02	0.53	4.04	0.40	8.38	47.69	34.49	165.67
2070	225.07	180.84	215.92	93.99	5.63	0.00	2.33	5.44	12.22	48.20	42.91	138.09
2071	176.25	259.66	395.10	34.43	0.54	0.00	5.44	2.82	9.04	34.36	79.48	48.75
2072	155.96	192.56	233.33	64.28	6.65	1.01	1.82	4.86	10.52	42.42	58.61	150.41
2073	161.80	279.96	208.85	30.88	13.50	2.05	0.55	2.45	12.13	31.78	23.19	128.60
2074	148.35	219.66	253.73	81.75	8.41	7.45	0.00	1.91	19.08	54.99	71.43	165.11
2075	136.72	93.48	36.50	0.75	12.02	0.02	2.07	5.73	9.47	28.84	59.16	153.81
2076	113.14	161.22	165.52	56.48	2.38	0.01	3.72	2.45	13.40	67.08	31.45	106.65
2077	345.39	359.87	343.19	68.93	8.24	2.28	1.68	5.68	13.39	61.65	21.88	82.94
2078	170.44	212.58	175.45	111.83	4.02	6.21	0.54	3.25	2.85	47.21	85.33	172.41
2079	154.99	473.53	369.64	96.75	3.73	1.98	1.36	2.03	16.86	29.37	53.34	142.35
2080	188.47	106.17	167.87	36.47	6.62	1.10	2.72	4.05	12.29	68.37	67.92	148.25
2081	283.03	303.00	164.71	35.69	9.70	1.87	2.91	0.42	33.84	52.61	34.45	91.02
2082	131.23	143.50	98.14	110.62	3.38	0.52	5.61	5.60	14.93	45.90	86.09	107.51
2083	92.26	214.47	167.20	81.58	7.50	1.22	0.57	6.57	13.69	40.87	107.69	110.92
2084	213.30	278.54	280.19	55.58	13.26	6.34	1.87	5.02	21.16	61.41	58.27	134.13
2085	174.97	338.89	149.69	90.65	12.65	4.26	0.35	0.84	20.60	37.15	69.72	174.19
2086	211.93	235.39	253.12	33.60	8.92	0.00	0.14	0.87	23.34	43.33	110.27	36.69
2087	107.74	361.19	279.65	66.65	10.89	0.00	3.33	5.08	11.37	10.18	80.17	90.06
2088	281.89	73.66	120.95	27.46	9.80	0.17	1.48	6.00	16.18	40.50	60.67	129.05
2089	62.10	184.14	168.94	35.01	11.50	3.83	0.55	2.64	21.02	66.37	65.85	203.67
2090	192.40	236.91	368.29	119.44	8.78	1.13	0.42	12.51	19.05	32.48	74.67	119.72
2091	139.56	233.71	164.60	45.53	9.94	0.00	0.86	8.42	46.39	50.98	90.85	72.74
2092	44.60	301.09	174.37	147.75	2.75	0.00	0.25	7.84	20.00	58.08	66.94	100.57
2093	185.03	207.73	206.68	43.82	3.17	2.87	0.94	0.76	15.28	76.72	54.80	192.75
2094	110.58	138.74	126.39	48.74	3.79	0.77	0.44	0.37	10.83	45.26	92.06	85.17
2095	143.88	186.99	302.02	104.34	3.55	0.00	0.47	2.86	23.95	39.86	77.09	160.65
2096	334.48	253.37	326.78	99.71	6.64	0.29	0.05	3.38	15.59	24.08	198.90	81.12
2097	92.69	43.49	384.44	41.95	7.62	0.00	3.42	2.31	15.96	65.75	70.03	126.30
2098	102.29	135.40	187.96	139.67	5.11	0.34	4.42	2.71	28.79	55.88	52.86	27.91
2099	183.00	382.37	271.14	39.42	4.12	8.62	2.87	1.39	16.05	55.50	47.10	110.07
2100	131.84	231.18	269.33	116.89	4.36	0.03	0.76	1.98	9.19	46.34	30.89	113.75

ANEXO N° 115*Promedio de precipitación acumulada mensual de la cuenca - Escenario SSP5-8.5*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	261.08	141.17	102.50	93.16	5.57	1.74	3.33	3.16	9.74	38.94	36.00	132.39
2018	183.89	98.78	74.85	39.35	3.64	1.10	0.68	1.45	18.75	48.68	79.96	240.64
2019	90.39	50.55	177.14	51.85	2.88	1.31	4.62	4.28	24.32	30.79	25.85	54.77
2020	138.50	242.69	99.27	72.53	2.46	0.44	4.56	0.29	11.11	42.72	63.84	54.86
2021	121.23	92.78	138.17	63.81	5.13	0.03	3.58	1.17	2.01	31.88	74.57	71.52
2022	149.12	107.10	26.47	37.50	2.70	4.34	11.04	4.93	41.09	49.30	25.16	61.43
2023	184.89	105.32	65.54	17.11	6.61	0.02	1.10	0.89	7.06	29.72	26.75	99.71
2024	114.81	127.30	142.46	34.13	13.58	0.78	1.86	1.58	3.62	17.31	53.14	100.32
2025	113.63	83.52	161.58	37.64	8.13	2.86	1.04	6.15	8.77	26.22	38.20	80.95
2026	98.59	113.40	83.95	33.17	2.64	0.08	1.79	5.04	15.70	13.24	65.28	78.29
2027	248.02	101.33	138.27	18.73	9.30	0.36	1.16	3.24	11.02	17.38	19.39	37.56
2028	146.52	142.54	75.03	24.64	5.56	8.55	4.42	3.02	23.22	39.59	71.61	170.94
2029	195.71	261.84	179.99	50.55	5.87	1.83	1.50	3.79	19.40	16.54	85.52	220.67
2030	165.89	211.10	164.69	42.08	6.07	0.03	0.64	3.98	9.05	25.40	27.92	8.93
2031	74.70	175.53	52.36	95.59	6.89	3.55	0.00	1.45	15.45	22.34	65.03	48.87
2032	108.26	156.05	148.55	23.14	3.33	3.27	1.34	4.33	15.23	29.19	17.98	31.98
2033	49.05	124.04	176.13	41.70	13.81	0.56	2.55	3.47	10.15	10.26	85.54	80.49
2034	129.86	88.12	127.15	62.39	2.35	3.22	0.00	1.88	7.79	13.56	64.07	130.00
2035	198.50	249.76	144.41	81.30	12.22	2.57	2.65	1.75	8.04	36.75	45.16	108.51
2036	153.21	299.44	229.16	59.63	8.65	0.07	8.11	1.09	24.19	29.01	24.86	70.30
2037	127.26	227.98	86.42	40.09	4.35	2.47	0.57	2.70	9.11	29.04	35.32	136.24
2038	106.69	247.33	127.41	92.63	15.48	0.69	9.20	1.05	10.43	20.78	16.84	180.90
2039	124.87	309.20	110.03	102.54	4.53	0.00	15.62	0.97	7.92	52.76	88.91	91.05
2040	219.11	244.45	118.04	63.35	5.25	1.11	3.84	0.28	25.25	30.51	51.88	136.14
2041	86.86	132.98	167.97	77.73	10.36	0.53	0.61	1.60	27.30	21.48	15.76	101.44
2042	135.11	98.38	126.42	21.64	4.71	3.25	0.27	0.56	11.57	14.47	50.34	97.56
2043	90.23	229.20	211.17	139.11	13.22	0.02	8.72	2.63	16.34	62.62	75.14	118.07
2044	176.18	152.59	188.63	53.61	12.99	0.21	0.55	7.11	13.85	29.18	48.75	80.26
2045	99.28	80.14	139.32	42.53	5.71	1.80	7.82	6.26	11.96	29.09	14.94	75.52
2046	185.77	166.72	105.47	35.58	0.88	0.10	0.25	1.82	9.26	52.43	36.07	28.43
2047	113.14	155.43	131.18	27.37	6.69	0.23	0.00	3.97	3.17	36.44	32.89	193.63
2048	164.04	197.32	206.65	99.14	5.60	4.88	3.97	9.21	24.20	26.53	49.77	92.76
2049	18.43	77.93	146.99	92.74	6.64	4.84	0.37	8.95	1.44	41.42	38.05	140.23
2050	154.33	236.52	200.77	31.42	10.52	4.07	3.34	0.03	12.64	30.11	106.27	108.97
2051	114.90	130.26	288.04	38.56	2.84	0.23	0.00	3.93	11.44	46.23	47.76	159.05
2052	89.59	457.00	68.81	74.32	2.72	1.88	2.89	4.54	7.61	5.61	110.54	145.00
2053	154.97	182.38	249.58	62.95	15.44	3.01	5.32	0.58	13.06	41.39	75.98	185.02
2054	356.68	143.25	180.60	106.73	8.57	0.41	2.43	2.66	12.04	42.98	53.08	113.22
2055	181.10	276.77	268.50	80.40	4.66	1.12	1.84	1.97	5.00	29.39	55.80	127.17
2056	327.00	264.19	450.19	193.63	22.31	10.32	7.31	3.33	11.99	72.52	54.62	213.42
2057	148.59	206.65	62.46	35.00	17.29	0.09	2.20	1.41	27.28	33.97	83.44	96.93

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2058	223.77	175.37	122.16	103.53	9.84	0.00	1.20	2.22	31.00	68.55	35.89	211.69
2059	110.50	126.87	377.11	94.36	0.73	2.23	4.97	3.68	30.97	39.21	74.47	283.54
2060	258.34	282.88	361.16	198.47	15.57	0.07	1.78	2.43	22.78	57.99	30.47	113.22
2061	26.60	129.23	267.33	188.06	6.62	0.68	5.79	4.07	4.75	37.72	56.75	85.19
2062	249.18	78.70	480.79	101.54	13.07	0.00	5.04	7.21	13.07	37.12	44.57	84.55
2063	209.33	262.46	179.15	82.18	13.24	2.29	7.65	3.37	20.83	59.23	55.79	74.35
2064	249.72	144.80	130.39	77.36	20.26	5.05	0.50	1.36	11.93	41.16	37.78	157.93
2065	117.25	451.85	138.13	59.70	7.10	0.46	0.86	7.64	23.65	59.90	78.97	322.77
2066	246.38	238.31	297.38	101.56	16.86	5.43	0.97	0.65	42.76	59.37	71.03	60.26
2067	138.67	237.15	283.08	83.58	9.72	0.37	1.85	4.23	11.96	52.18	41.97	105.86
2068	126.47	361.03	186.38	10.03	7.49	4.03	1.62	2.57	16.05	60.36	101.97	284.27
2069	257.64	499.79	507.48	119.75	4.66	11.03	12.19	3.84	15.60	103.01	107.76	302.48
2070	213.85	347.25	361.31	77.47	0.07	6.44	0.00	3.71	18.26	93.27	81.01	84.12
2071	130.84	401.60	354.09	123.07	6.40	5.51	1.09	8.33	13.87	59.70	111.38	44.67
2072	218.69	212.27	250.88	76.67	9.95	4.43	4.37	7.57	6.68	56.90	112.27	327.30
2073	364.24	648.08	314.13	173.31	21.06	1.34	10.80	4.55	18.37	97.63	119.27	275.29
2074	271.18	299.79	397.03	84.31	24.19	0.93	12.77	9.69	11.90	59.79	104.91	115.15
2075	238.50	562.37	321.06	133.26	15.17	4.18	0.01	5.00	22.89	93.45	146.60	103.25
2076	43.55	363.52	207.91	135.08	16.11	6.66	2.53	0.76	33.85	66.03	128.05	136.19
2077	217.91	242.84	567.51	76.93	8.33	0.00	2.08	16.40	28.60	58.16	75.42	126.49
2078	329.18	117.32	327.84	103.33	11.43	11.14	0.72	2.98	8.66	39.78	78.32	156.88
2079	211.33	482.13	197.75	95.72	15.44	2.63	2.43	12.38	36.31	69.03	59.51	220.74
2080	125.19	139.77	310.72	130.85	29.92	1.38	10.44	12.32	23.13	31.63	36.49	237.43
2081	448.96	528.02	263.74	312.35	10.53	11.09	0.58	7.02	13.83	104.05	141.16	186.42
2082	501.50	326.24	550.29	122.73	17.05	4.23	3.69	1.89	38.17	175.72	90.72	172.15
2083	385.18	138.65	395.18	150.13	5.59	6.80	0.94	2.80	12.47	52.06	122.68	118.74
2084	213.92	325.38	574.46	275.87	16.83	12.31	2.30	3.52	33.77	96.94	182.04	176.20
2085	199.50	305.82	386.15	75.00	20.98	1.14	7.19	4.35	28.68	92.70	72.14	135.24
2086	334.57	210.28	282.36	117.73	10.31	4.15	1.93	1.48	21.66	104.73	111.77	297.99
2087	610.61	665.74	194.89	137.85	18.56	12.84	0.13	6.70	38.31	69.81	177.91	136.50
2088	416.34	463.10	272.16	124.24	30.65	17.57	1.28	2.01	2.75	63.97	185.55	184.27
2089	145.72	395.63	456.40	93.28	5.35	0.85	11.38	2.04	1.38	39.39	97.84	148.10
2090	214.73	150.78	209.68	193.04	12.95	0.25	2.86	4.56	25.52	54.65	95.80	224.78
2091	494.87	205.37	242.68	167.48	13.84	0.87	2.37	11.74	13.47	87.08	136.23	227.78
2092	116.53	654.19	177.66	51.91	35.52	3.04	9.67	13.89	50.64	144.88	72.31	302.00
2093	191.05	187.19	635.92	248.07	16.33	1.67	5.44	7.39	10.64	115.48	200.80	151.26
2094	343.19	301.80	212.12	199.96	7.56	0.96	14.68	12.18	49.63	136.13	141.32	118.70
2095	180.50	310.35	565.40	120.09	25.23	6.51	2.08	1.98	23.37	60.38	128.55	169.53
2096	352.49	133.26	373.23	44.18	18.63	2.37	7.06	13.26	32.75	70.87	106.90	514.40
2097	301.04	367.28	507.24	141.71	13.96	9.50	6.41	13.76	15.32	290.69	201.47	172.69
2098	452.62	266.73	765.13	116.50	14.44	13.39	0.31	14.25	17.78	122.16	113.97	109.49
2099	82.70	440.93	585.96	96.23	22.54	14.25	15.85	4.08	15.57	123.50	206.82	165.65
2100	475.75	503.65	494.69	252.62	28.21	0.04	18.63	34.79	33.07	55.34	55.71	261.06

ANEXO N° 116*Promedio de la temperatura media mensual de la cuenca - Escenario SSP2-4.5*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	8.15	8.41	8.40	7.49	5.72	5.16	4.41	5.92	6.69	8.78	8.94	9.14
2018	7.81	8.70	8.54	7.93	6.40	5.15	4.70	5.00	6.05	7.77	7.28	7.39
2019	8.07	7.57	7.25	7.51	6.17	4.96	4.20	5.84	6.85	7.60	7.91	7.86
2020	7.33	7.34	7.19	7.13	5.87	4.26	4.44	5.20	6.16	6.78	8.49	8.37
2021	7.52	8.01	8.01	6.63	5.88	3.84	4.14	4.85	5.43	8.17	8.64	8.29
2022	8.75	8.71	8.80	8.18	6.74	5.09	4.50	5.63	6.53	7.80	7.93	8.16
2023	8.45	7.64	8.27	8.03	6.77	4.86	4.47	6.11	6.20	8.52	9.17	9.03
2024	9.36	8.66	9.01	8.49	7.53	5.73	4.61	5.50	6.52	8.18	8.28	8.77
2025	8.27	8.00	8.25	8.25	6.27	5.04	3.88	6.09	6.38	9.12	9.10	9.15
2026	9.22	9.26	8.76	8.21	6.55	5.84	3.67	5.46	6.64	7.26	7.81	9.33
2027	8.65	9.86	9.97	9.40	7.32	5.54	3.75	7.11	7.31	8.48	8.95	8.98
2028	9.48	9.20	9.01	8.31	6.79	5.93	4.38	6.61	7.41	9.02	8.93	8.50
2029	9.18	8.75	9.43	8.55	6.98	6.15	4.46	6.12	7.83	8.28	8.75	9.78
2030	8.60	9.05	8.80	7.88	6.83	4.40	4.14	6.81	7.30	8.34	8.06	8.41
2031	9.22	8.08	8.54	7.87	6.53	4.91	5.10	6.03	7.63	8.09	8.22	9.04
2032	8.77	9.07	9.11	8.39	6.33	5.47	4.40	5.64	7.41	7.68	9.83	9.26
2033	8.68	9.23	9.93	9.16	7.20	4.81	4.66	5.74	8.01	8.97	8.74	9.27
2034	9.64	10.19	9.68	8.34	7.72	6.63	5.39	7.74	7.49	8.91	9.35	9.27
2035	9.67	9.95	9.87	10.00	7.82	6.33	5.70	6.58	6.60	7.35	8.63	9.37
2036	8.23	8.16	8.46	8.47	6.37	5.46	4.86	5.14	7.87	9.16	9.29	8.75
2037	9.73	9.10	10.02	9.68	6.67	5.83	4.92	6.00	6.82	8.56	8.95	8.53
2038	9.07	8.07	8.40	7.56	7.08	5.01	4.88	6.56	6.92	9.32	8.88	9.81
2039	9.82	10.51	9.91	9.09	7.70	6.52	5.09	5.36	7.73	9.06	8.27	8.61
2040	9.17	9.21	9.60	9.31	7.45	6.14	5.64	6.09	6.90	8.56	9.10	9.26
2041	9.28	11.06	8.85	9.44	7.06	5.54	4.96	6.74	7.92	8.80	9.04	8.76
2042	8.81	9.41	9.36	9.15	7.36	5.56	5.12	7.19	6.49	8.95	9.82	9.66
2043	9.08	8.69	9.33	8.91	7.40	5.91	4.67	6.30	8.06	9.07	9.80	9.74
2044	9.23	9.04	9.14	9.17	7.45	5.56	4.91	6.76	7.51	8.66	9.40	8.99
2045	9.26	8.89	8.98	9.25	6.93	5.55	4.07	7.45	7.73	9.15	9.46	10.47
2046	10.31	10.25	10.82	10.34	8.48	7.02	5.11	7.33	7.99	9.04	9.72	10.05
2047	10.14	10.83	10.13	9.87	8.12	6.14	6.01	6.17	7.33	8.88	9.65	9.34
2048	9.51	10.10	10.36	10.30	8.23	6.06	6.83	8.31	7.32	9.72	9.76	10.19
2049	10.48	10.97	10.34	10.41	8.56	6.98	5.87	7.53	8.31	9.32	9.57	9.88
2050	9.43	9.12	9.60	9.53	7.97	6.63	5.23	7.73	8.13	9.87	9.28	9.59
2051	10.16	10.23	9.88	9.47	7.64	6.85	5.08	6.68	7.83	8.88	9.46	10.16
2052	10.12	10.51	9.54	9.56	8.01	6.76	5.61	7.01	8.10	8.86	9.70	9.79
2053	9.56	9.30	9.63	9.34	7.75	7.28	5.01	7.13	8.01	8.40	9.97	9.77
2054	9.63	9.79	9.17	8.36	7.39	5.96	4.88	5.82	7.69	8.69	10.09	10.16
2055	10.44	10.52	10.54	9.62	7.84	7.05	4.97	6.50	7.94	8.97	9.29	9.51
2056	9.74	9.83	9.93	10.46	8.12	6.24	5.97	8.73	8.73	8.73	10.02	10.66
2057	10.52	10.77	10.88	10.45	8.39	6.77	5.60	7.85	9.08	8.93	9.55	9.26

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2058	9.90	9.14	9.47	8.89	7.49	5.93	6.03	8.11	8.91	9.87	10.57	10.73
2059	11.42	10.44	11.05	10.96	8.85	7.41	6.01	8.00	9.14	9.65	9.77	10.52
2060	10.70	9.59	10.46	9.37	6.96	6.48	5.74	6.22	8.15	9.20	9.73	9.57
2061	9.59	9.92	10.09	9.84	7.32	6.97	5.60	6.60	7.83	9.19	10.17	10.35
2062	10.99	10.76	11.68	10.18	8.71	6.95	6.48	8.33	8.61	10.44	10.28	10.77
2063	10.70	10.93	10.14	10.04	8.17	7.34	5.74	7.23	8.81	9.03	9.08	9.13
2064	9.59	9.94	9.74	9.66	7.99	5.88	5.21	6.91	8.04	9.49	9.34	10.01
2065	10.85	10.72	10.32	10.18	8.37	7.40	6.29	7.52	9.02	9.29	9.90	10.58
2066	11.10	11.25	11.70	12.12	8.28	6.94	5.84	7.13	7.53	9.90	9.81	9.44
2067	9.60	9.60	9.91	9.79	8.13	6.40	5.75	7.45	8.88	9.24	9.70	11.19
2068	10.44	11.48	11.64	10.65	8.27	7.04	6.42	7.28	9.58	9.95	11.14	11.25
2069	10.89	11.09	11.16	10.74	8.76	7.04	6.58	8.25	8.75	9.90	10.26	10.02
2070	9.46	10.26	10.14	10.05	8.26	7.54	5.88	7.82	8.71	10.16	10.83	11.15
2071	11.36	12.68	12.05	11.93	10.24	7.34	6.40	8.68	8.51	10.33	9.91	10.19
2072	10.33	9.46	9.21	9.52	7.83	5.94	5.19	7.43	8.54	9.37	9.41	9.64
2073	10.07	10.08	9.66	9.83	8.23	7.29	5.68	7.16	9.12	9.94	9.90	10.68
2074	10.99	10.21	10.57	10.42	8.18	6.22	6.51	8.38	8.78	9.48	9.94	10.23
2075	10.71	11.69	11.52	9.76	8.62	6.21	6.12	7.01	8.55	9.10	10.51	9.23
2076	9.70	10.47	10.29	10.28	8.50	7.36	6.47	7.66	8.69	9.83	10.87	11.44
2077	10.62	11.60	11.53	11.25	9.00	7.35	5.33	7.15	8.07	9.08	10.41	10.09
2078	10.83	10.70	10.24	10.33	8.46	6.56	5.88	7.39	7.83	10.42	10.73	10.86
2079	11.02	11.67	10.71	11.07	8.70	7.52	6.59	7.97	8.98	10.41	10.26	10.18
2080	11.02	10.84	12.07	11.12	8.91	7.69	6.73	8.80	9.27	10.12	10.99	11.05
2081	10.67	11.15	11.42	11.79	9.31	7.73	6.29	8.83	10.16	10.55	11.49	11.24
2082	11.05	11.58	11.98	10.08	7.79	6.54	5.04	7.84	7.49	9.40	10.00	9.90
2083	11.39	12.06	10.66	10.94	8.18	7.16	7.09	8.72	8.86	10.94	10.80	11.23
2084	10.53	11.47	11.08	9.90	8.54	6.68	6.25	7.73	9.75	9.59	9.67	9.88
2085	9.87	9.76	10.51	10.06	8.52	7.04	6.68	8.29	9.23	9.55	10.81	10.85
2086	11.40	11.39	11.15	11.18	9.62	7.82	7.22	8.77	9.87	9.85	10.09	10.56
2087	10.50	9.79	9.86	10.14	9.02	7.13	6.28	8.40	8.05	9.75	9.92	10.50
2088	10.15	10.36	10.44	10.19	7.52	6.49	6.17	7.72	9.17	9.55	10.52	10.48
2089	10.96	11.31	10.88	11.23	8.51	7.55	6.50	8.23	9.93	9.82	10.67	11.17
2090	11.53	12.28	11.55	11.11	9.05	7.38	6.30	8.91	8.87	9.86	10.92	10.96
2091	11.49	10.83	10.88	10.87	8.77	6.77	6.29	8.83	9.36	10.39	10.77	10.78
2092	10.97	11.45	11.39	11.04	8.41	6.67	5.93	9.16	9.89	11.13	10.94	10.96
2093	11.65	11.51	10.85	11.16	8.81	7.74	6.29	7.00	9.09	8.95	10.99	10.74
2094	11.11	11.39	11.46	10.44	8.31	7.64	5.66	7.83	8.80	10.78	10.65	11.77
2095	11.79	11.80	11.87	11.58	9.04	7.42	6.77	8.09	9.42	10.35	11.23	10.67
2096	11.97	13.53	12.52	11.95	9.74	7.73	7.34	10.80	10.43	11.71	10.81	11.12
2097	11.22	12.01	11.22	11.08	8.57	7.79	6.97	8.55	9.62	10.29	10.59	10.72
2098	10.50	11.32	10.90	11.15	9.01	7.35	6.42	7.91	9.22	9.84	10.44	11.32
2099	10.29	10.89	10.37	10.55	9.08	7.97	5.82	7.83	9.38	9.94	10.89	11.37
2100	11.57	10.80	11.70	11.37	9.09	6.90	7.07	8.59	9.49	10.31	10.90	11.11

ANEXO N° 117*Promedio de la temperatura media mensual de la cuenca - Escenario SSP2-4.5*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	7.57	7.95	8.15	6.88	5.87	4.59	3.92	5.61	6.84	7.39	8.06	8.67
2018	8.84	8.68	8.57	8.33	6.30	4.70	4.55	5.61	6.90	6.26	8.34	7.06
2019	7.82	8.27	7.65	7.12	5.85	5.06	4.42	5.40	6.82	6.71	8.03	8.44
2020	8.34	7.61	7.79	7.30	6.12	4.90	4.44	5.70	5.95	7.48	8.34	8.33
2021	8.36	8.11	8.17	7.22	5.24	4.53	5.08	6.14	6.08	8.11	7.68	9.01
2022	8.73	8.45	8.58	7.48	6.05	3.86	3.29	5.53	5.95	7.69	7.83	8.38
2023	8.30	7.78	8.74	7.92	5.47	4.89	3.90	4.60	6.58	8.23	8.33	8.04
2024	8.39	9.08	9.00	9.32	6.60	5.51	4.38	5.32	7.23	8.44	8.83	8.70
2025	8.54	8.90	8.31	8.27	7.17	5.91	4.32	5.81	6.28	8.35	9.34	9.23
2026	9.43	9.72	9.43	9.48	6.87	5.40	5.19	5.95	7.24	8.15	7.77	8.51
2027	8.54	9.87	8.94	8.94	6.10	4.62	4.66	5.53	6.61	8.70	8.68	8.79
2028	8.68	8.29	8.60	8.59	6.34	4.60	3.93	5.32	6.63	7.88	9.27	9.83
2029	9.57	10.38	10.66	9.65	7.93	5.72	4.85	7.13	7.00	8.93	9.18	9.19
2030	10.50	10.85	9.99	9.96	7.30	6.01	4.63	7.26	8.34	8.69	9.10	9.85
2031	9.93	9.23	10.48	9.30	7.46	5.64	5.40	6.07	7.00	8.95	8.88	9.53
2032	8.90	9.00	8.32	8.25	7.28	6.36	4.63	6.07	7.52	8.41	9.51	9.53
2033	9.19	9.62	8.80	8.69	6.68	4.86	4.61	4.99	7.24	8.75	8.63	9.40
2034	8.80	9.55	10.07	9.07	7.46	6.02	5.53	6.67	6.92	8.65	8.55	9.08
2035	8.62	8.58	8.92	8.66	7.02	5.57	4.79	7.77	7.57	9.37	9.39	9.31
2036	9.19	9.19	9.32	9.66	6.96	6.36	4.82	6.63	8.21	9.17	9.63	9.36
2037	9.46	9.99	9.49	8.69	6.68	5.43	4.95	6.54	6.78	8.89	9.34	9.54
2038	9.69	10.06	9.80	8.64	7.99	6.41	5.27	6.78	7.46	8.57	10.14	10.04
2039	11.08	10.07	10.76	9.78	7.92	7.14	5.54	7.95	8.57	9.41	9.18	10.43
2040	10.00	10.67	10.84	10.20	8.29	7.03	5.75	7.27	7.60	9.74	9.08	8.91
2041	9.19	9.59	9.98	8.40	7.33	5.52	4.92	6.67	8.31	9.09	9.08	9.22
2042	9.41	10.32	10.11	10.15	7.27	5.78	5.43	8.13	7.52	8.55	9.17	9.56
2043	10.25	10.00	10.01	9.96	7.95	6.01	5.94	8.05	8.82	9.68	9.52	10.20
2044	10.58	10.46	10.60	10.01	7.95	5.89	5.66	6.64	8.05	8.42	9.34	9.33
2045	9.17	8.85	9.55	9.52	6.87	6.18	5.05	6.33	7.40	9.56	10.22	9.59
2046	9.91	10.68	10.18	10.20	7.95	6.74	7.22	7.34	9.48	10.07	10.67	10.16
2047	10.23	9.97	10.57	11.23	8.75	5.73	4.98	6.95	7.35	9.56	9.48	9.07
2048	9.77	9.21	9.18	9.44	7.40	6.92	5.19	6.39	8.47	9.65	9.44	9.87
2049	9.68	9.78	9.80	9.70	8.23	6.56	5.88	8.22	8.37	9.57	10.72	11.16
2050	10.18	10.44	10.90	10.00	8.21	6.47	5.43	7.02	8.49	9.30	9.55	10.61
2051	10.38	10.05	10.18	9.60	7.37	6.71	6.15	7.90	8.28	9.05	9.43	9.80
2052	9.91	9.78	9.91	9.43	8.52	6.63	5.74	8.26	7.93	11.06	11.28	11.23
2053	11.54	12.28	11.21	11.34	8.75	7.61	5.53	7.93	8.56	10.26	10.09	10.26
2054	10.30	10.98	10.77	11.15	8.67	6.69	6.23	7.89	8.46	10.45	10.56	10.88
2055	11.24	11.52	11.11	11.09	10.03	7.73	6.34	8.36	9.43	10.22	11.15	12.58
2056	11.32	12.00	12.13	12.05	9.51	7.74	6.76	8.66	9.51	9.48	10.24	10.31
2057	9.81	10.27	10.78	10.29	8.12	7.40	6.39	8.14	9.64	10.43	11.08	11.29

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2058	10.78	12.33	11.96	11.90	9.61	8.62	6.63	9.12	10.15	10.49	10.73	10.40
2059	10.85	11.21	10.62	10.04	8.55	7.67	5.47	8.17	9.00	11.13	10.32	10.46
2060	12.02	12.05	13.02	12.19	9.83	7.95	7.20	9.06	9.20	10.32	10.62	10.84
2061	10.95	10.58	10.75	11.20	9.29	7.47	6.65	8.57	9.41	9.93	9.94	10.42
2062	10.53	10.64	10.53	10.83	7.94	7.02	6.61	9.10	8.82	10.37	10.96	10.59
2063	10.44	10.83	10.81	10.81	9.09	7.82	5.68	8.59	9.96	9.90	11.18	12.11
2064	10.78	11.59	11.91	11.63	8.66	7.44	7.36	8.74	9.07	10.35	10.22	10.64
2065	10.48	10.66	11.55	11.22	9.35	7.86	7.56	9.91	9.89	11.13	12.19	12.51
2066	12.79	13.93	13.67	12.87	9.89	9.45	6.85	9.47	9.70	10.79	10.76	10.84
2067	10.46	10.86	10.45	10.99	9.48	7.13	6.13	8.18	8.67	11.15	11.70	11.78
2068	11.15	10.89	10.88	11.51	9.51	8.19	6.87	9.17	9.77	10.86	11.48	12.42
2069	12.41	12.92	11.93	12.54	10.07	8.23	7.79	7.98	8.08	9.95	10.95	10.79
2070	10.49	11.48	10.57	11.21	8.80	8.16	7.22	8.67	10.36	10.73	11.37	11.62
2071	12.16	12.22	12.20	11.78	9.34	8.33	7.21	9.30	9.99	10.55	11.75	11.47
2072	11.26	11.22	11.03	10.85	9.33	7.65	7.46	9.46	10.17	9.86	11.62	12.40
2073	12.12	13.14	12.93	12.08	9.69	8.50	7.02	8.55	9.77	11.54	11.72	12.08
2074	11.93	12.44	12.36	13.42	10.81	8.56	7.80	9.39	9.71	10.95	11.35	11.97
2075	11.38	11.11	11.83	11.85	8.77	7.61	6.34	7.82	9.94	10.97	10.51	10.86
2076	11.90	12.22	11.59	11.43	9.72	8.40	7.37	10.09	11.58	11.07	11.56	11.89
2077	12.55	12.22	12.57	13.43	10.50	8.81	7.51	10.35	10.64	12.12	11.58	12.11
2078	12.15	12.42	12.70	13.13	10.37	8.65	7.35	8.96	9.83	10.88	10.12	11.53
2079	11.26	11.54	11.82	12.28	9.10	8.58	6.73	9.31	10.36	10.61	10.24	10.80
2080	11.55	12.28	12.73	11.89	10.01	8.73	6.86	9.63	10.90	11.45	11.25	12.15
2081	11.46	12.96	13.44	12.94	11.48	9.69	8.40	10.40	10.64	11.85	13.00	13.67
2082	13.38	14.97	14.43	14.47	12.12	10.14	7.38	10.40	12.03	11.80	12.08	11.80
2083	10.92	12.45	12.48	11.54	9.71	8.39	7.77	10.54	11.03	12.70	12.73	13.09
2084	12.75	14.03	14.04	13.98	11.22	9.19	7.93	10.29	10.57	11.52	11.72	11.57
2085	11.98	12.15	12.40	12.24	9.47	8.21	6.31	8.45	10.89	11.01	12.59	13.11
2086	12.16	14.42	14.15	14.20	11.08	9.83	8.27	11.60	11.77	12.22	12.51	14.07
2087	13.59	13.97	14.89	13.86	11.50	9.95	7.99	9.34	10.49	11.55	11.46	11.83
2088	11.66	12.43	11.93	11.88	10.30	8.57	7.63	10.48	11.46	11.06	11.82	13.11
2089	13.66	13.34	13.66	13.28	11.20	9.29	8.30	10.67	10.55	11.27	12.52	12.03
2090	12.17	13.78	12.50	12.27	10.28	8.88	7.65	10.22	10.93	11.52	12.61	13.76
2091	12.34	15.46	15.43	14.63	11.65	9.89	8.01	11.57	11.11	11.85	12.83	12.99
2092	12.31	12.61	13.07	14.56	10.95	9.54	9.06	11.43	12.04	12.27	12.86	12.81
2093	12.92	14.14	13.82	14.39	11.90	9.67	8.80	10.49	11.05	12.16	11.61	13.63
2094	13.47	14.83	14.03	13.86	11.33	9.57	8.34	11.88	11.96	12.43	13.15	13.27
2095	12.87	14.71	14.54	14.22	12.01	11.01	8.93	11.15	11.82	11.39	13.15	12.05
2096	12.44	13.38	12.85	13.27	11.48	9.69	7.47	10.79	11.86	12.73	12.61	13.52
2097	13.53	14.95	15.27	15.19	12.45	10.16	8.83	10.96	10.07	11.91	12.68	12.42
2098	12.26	13.43	13.33	13.90	11.61	10.11	8.63	11.81	12.37	12.65	13.63	13.83
2099	15.18	14.74	14.50	14.68	11.71	10.22	9.29	10.87	11.00	11.51	12.21	12.60
2100	12.27	12.54	12.54	12.12	10.84	9.34	7.96	11.21	11.52	12.75	12.56	13.78

ANEXO N° 118*Promedio de caudales medios de la cuenca - Escenario SSP2-4.5*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	15.88	60.03	30.81	21.96	8.50	4.47	3.63	3.35	2.99	3.51	4.24	4.30
2018	101.90	122.60	23.84	24.00	10.27	6.30	5.33	4.77	4.38	4.11	4.39	11.07
2019	12.07	23.52	39.54	21.01	12.18	5.51	4.03	3.54	3.11	3.03	3.88	3.69
2020	13.76	34.20	44.93	26.76	11.67	5.77	4.29	3.85	3.62	3.36	3.73	4.93
2021	22.54	42.18	13.27	10.86	5.62	3.35	2.54	2.20	2.04	1.88	2.76	4.96
2022	11.52	26.61	65.01	39.34	11.86	5.34	4.16	3.74	3.43	3.52	3.72	10.30
2023	36.51	67.10	27.24	15.22	6.91	4.75	4.20	3.84	3.40	3.14	3.18	5.81
2024	15.51	43.89	65.28	20.23	8.10	4.73	4.03	3.62	3.29	3.48	5.14	3.93
2025	13.07	17.86	40.33	12.76	4.99	3.14	2.58	2.28	1.91	1.70	1.73	2.29
2026	27.79	18.43	17.31	14.52	6.37	3.33	2.32	1.97	1.82	2.15	2.57	9.92
2027	53.90	77.06	83.98	33.29	17.65	7.81	6.14	5.55	5.15	4.63	5.00	5.84
2028	26.66	35.00	30.48	18.00	8.46	4.47	3.55	3.08	2.74	2.95	3.45	13.97
2029	22.69	49.03	86.31	21.11	8.56	5.18	4.44	4.12	3.84	3.62	4.72	4.87
2030	23.56	88.09	24.92	15.79	6.65	4.35	3.73	3.30	2.91	3.99	6.26	6.36
2031	6.92	83.00	83.74	57.03	9.94	5.45	4.54	4.19	3.85	3.79	4.65	4.97
2032	24.25	73.93	36.73	26.03	8.97	5.07	4.26	3.82	3.47	3.90	4.17	5.67
2033	75.51	81.67	32.32	13.79	7.52	4.98	4.31	3.93	3.42	3.10	3.84	12.56
2034	13.35	21.46	28.32	26.74	9.48	4.67	3.57	2.93	2.59	3.04	6.16	21.98
2035	33.03	73.44	56.01	20.11	7.97	5.36	4.67	4.28	3.92	3.87	5.60	3.92
2036	27.66	36.55	41.72	22.84	7.92	4.46	3.71	3.30	2.98	2.81	3.04	7.26
2037	6.59	35.33	41.74	21.22	7.88	3.99	3.00	2.63	2.37	2.47	4.73	20.02
2038	8.60	75.05	37.45	21.04	8.26	4.74	3.93	3.46	3.12	2.94	6.03	18.36
2039	55.84	70.64	106.70	36.10	14.30	7.69	6.21	5.58	4.98	5.28	6.43	16.51
2040	29.14	24.86	29.05	17.58	6.42	4.28	3.51	3.01	2.67	2.61	4.93	16.65
2041	43.05	26.77	28.27	27.74	8.25	4.59	3.80	3.38	3.04	2.86	4.00	29.21
2042	22.91	37.40	21.76	24.78	8.96	4.77	3.87	3.39	3.01	2.92	3.17	3.02
2043	33.59	23.98	23.15	19.89	7.97	4.27	3.35	2.95	2.65	2.69	3.21	2.66
2044	21.98	95.86	49.27	22.51	9.37	5.40	4.53	4.16	3.81	3.90	3.67	10.21
2045	29.61	60.67	35.09	16.77	9.09	4.94	4.09	3.81	3.37	3.49	3.66	5.21
2046	33.31	51.01	62.41	37.96	12.21	6.12	4.70	4.24	3.88	4.18	4.01	15.65
2047	22.75	34.35	31.77	13.59	5.75	3.67	2.99	2.72	2.42	2.69	4.15	32.23
2048	58.56	34.51	47.76	19.41	7.76	5.17	4.50	4.05	3.69	3.46	6.06	45.90
2049	65.53	142.80	66.14	34.29	12.01	7.84	6.76	6.32	5.56	5.39	7.71	27.67
2050	25.67	55.39	109.20	20.24	8.79	5.78	4.90	4.39	3.96	3.78	5.39	35.25
2051	37.82	60.21	30.01	12.39	6.49	4.69	4.14	3.72	3.26	3.07	3.66	12.00
2052	56.34	35.81	70.06	26.21	10.85	5.85	4.71	4.28	3.88	4.02	5.21	5.21
2053	42.79	92.11	105.50	44.94	13.47	7.80	6.50	5.88	5.37	6.84	7.46	12.61
2054	12.31	25.17	46.50	15.47	6.75	4.05	3.25	2.84	2.51	2.63	5.67	8.46
2055	24.95	24.01	67.88	15.23	6.13	3.71	3.07	2.78	2.46	2.63	13.59	25.65
2056	19.84	50.37	36.40	22.94	10.80	5.39	4.20	3.75	3.42	3.35	2.91	23.57
2057	50.56	103.10	67.90	35.66	12.55	7.50	6.22	5.53	5.06	5.67	8.13	11.91

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2058	12.80	66.39	31.09	15.14	6.57	4.39	3.76	3.30	2.88	2.76	4.31	4.90
2059	11.01	67.64	77.82	30.60	9.88	4.98	3.99	3.61	3.28	4.13	7.63	25.61
2060	21.15	58.24	28.72	17.76	8.14	4.91	4.05	3.56	3.22	3.00	3.68	6.04
2061	24.31	45.44	29.54	21.26	7.91	4.09	3.20	2.88	2.62	4.12	4.26	12.85
2062	31.94	178.10	33.96	10.16	5.91	4.31	3.77	3.37	3.07	3.90	4.31	6.95
2063	14.39	55.56	62.69	47.81	12.95	6.04	4.65	4.25	3.92	4.19	6.31	9.09
2064	39.29	23.77	16.51	18.35	7.58	4.03	3.07	2.67	2.43	2.52	3.87	7.77
2065	24.28	85.98	94.47	54.37	13.25	6.58	5.22	4.75	4.47	5.45	8.93	18.22
2066	43.04	63.59	105.10	46.48	21.10	8.47	6.42	5.68	5.15	4.68	6.18	50.96
2067	23.70	23.37	48.31	29.42	9.93	5.31	4.32	3.87	3.46	3.53	3.54	8.44
2068	51.61	41.33	36.17	20.92	8.83	4.64	3.79	3.30	2.88	2.76	4.21	43.91
2069	24.54	27.78	67.45	56.04	16.53	7.44	5.50	4.94	4.47	4.73	4.99	21.04
2070	56.10	62.70	65.82	47.35	12.21	7.01	5.84	5.25	4.78	6.25	5.66	18.56
2071	32.34	94.72	154.30	25.00	9.70	6.20	5.38	4.94	4.46	4.14	9.21	7.43
2072	20.95	55.74	72.35	25.20	10.57	5.69	4.62	4.23	3.91	3.94	5.59	24.71
2073	30.78	88.43	80.56	19.10	9.28	6.45	5.51	4.93	4.46	4.44	4.07	8.88
2074	27.56	70.63	75.06	35.30	13.18	6.94	5.48	4.83	4.48	5.37	9.55	30.61
2075	28.21	26.32	14.15	6.64	4.23	3.39	2.78	2.43	2.15	2.01	8.97	13.76
2076	20.95	42.92	40.57	22.98	8.75	4.62	3.80	3.47	3.11	5.00	7.45	9.05
2077	90.49	141.60	139.30	38.30	12.65	7.78	6.68	6.08	5.53	6.86	7.72	10.76
2078	23.89	61.81	52.02	47.47	12.05	6.58	5.23	4.62	4.21	4.46	8.29	27.26
2079	39.70	182.30	153.10	50.15	12.94	8.02	6.88	6.18	6.15	5.14	7.23	15.12
2080	53.49	29.49	46.31	16.03	7.31	4.41	3.68	3.25	2.84	4.43	9.38	24.02
2081	77.02	117.60	55.70	21.15	10.09	6.46	5.54	4.95	5.34	6.55	6.00	9.85
2082	14.72	34.96	23.33	34.57	9.63	4.50	3.37	3.00	2.76	2.87	7.61	12.31
2083	17.99	51.88	64.13	18.61	9.67	5.05	4.08	3.66	3.44	3.84	10.46	23.82
2084	44.03	101.40	97.28	21.33	11.03	6.96	5.72	5.07	4.60	6.44	7.31	16.77
2085	41.61	119.70	52.42	32.51	12.39	7.18	5.73	5.05	4.72	4.57	6.18	23.51
2086	58.74	95.50	80.05	26.37	10.46	6.49	5.43	4.83	4.45	5.56	10.85	10.19
2087	8.61	110.60	113.00	34.38	10.23	6.40	5.41	4.94	4.48	4.03	4.81	9.62
2088	69.90	27.87	35.01	13.03	6.08	4.23	3.53	3.09	2.87	2.92	4.64	12.28
2089	15.81	48.02	37.42	23.92	7.16	3.83	2.87	2.48	2.30	4.62	8.52	41.09
2090	46.60	77.43	157.60	39.32	15.21	7.93	6.31	5.67	6.04	5.52	6.59	23.61
2091	23.17	66.51	65.62	19.44	8.74	5.66	4.65	4.27	4.41	6.78	12.21	14.32
2092	7.18	69.87	51.08	57.34	12.75	5.82	4.37	3.97	3.85	4.56	7.48	16.48
2093	38.05	77.05	67.32	23.07	8.16	4.96	4.27	3.83	3.45	7.07	9.25	34.39
2094	25.27	41.32	23.20	21.29	8.62	4.58	3.72	3.25	2.89	3.11	10.15	9.26
2095	23.10	45.79	120.60	32.19	11.58	5.89	4.67	4.26	4.11	4.07	6.87	29.08
2096	97.49	95.54	131.10	35.79	13.29	7.77	6.39	5.73	5.25	5.20	41.33	22.57
2097	19.98	10.94	135.50	16.36	7.45	4.35	3.55	3.16	2.84	4.24	12.67	21.17
2098	30.16	29.80	43.89	58.95	11.94	5.51	4.24	3.91	3.65	5.26	9.10	5.63
2099	21.79	146.60	88.72	33.53	9.85	6.14	5.31	4.78	4.44	5.20	8.48	8.69
2100	23.15	73.51	96.67	55.17	10.35	5.80	4.82	4.40	4.00	5.15	5.29	7.44

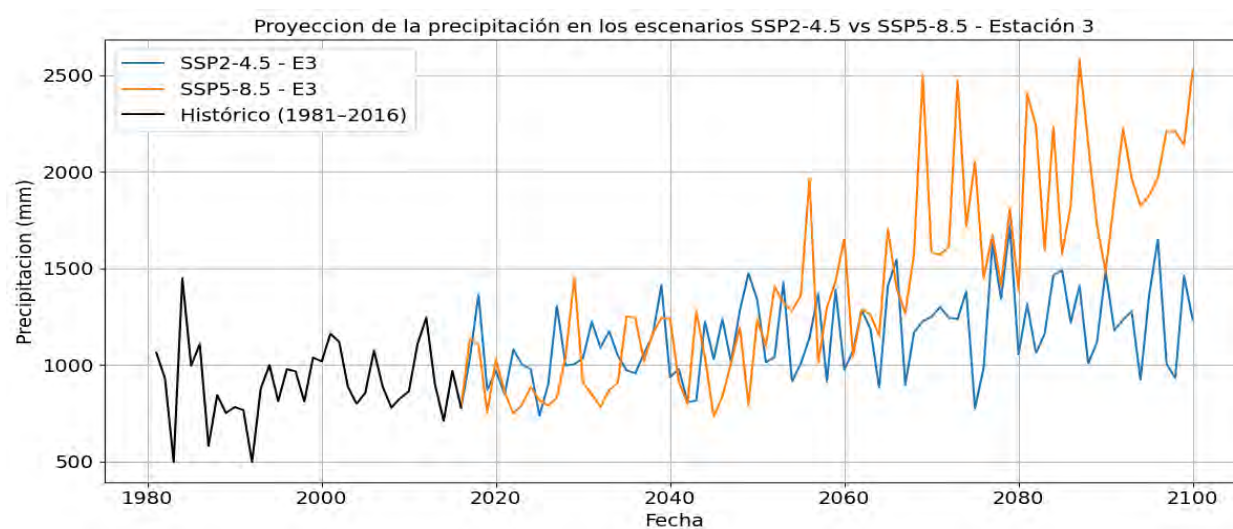
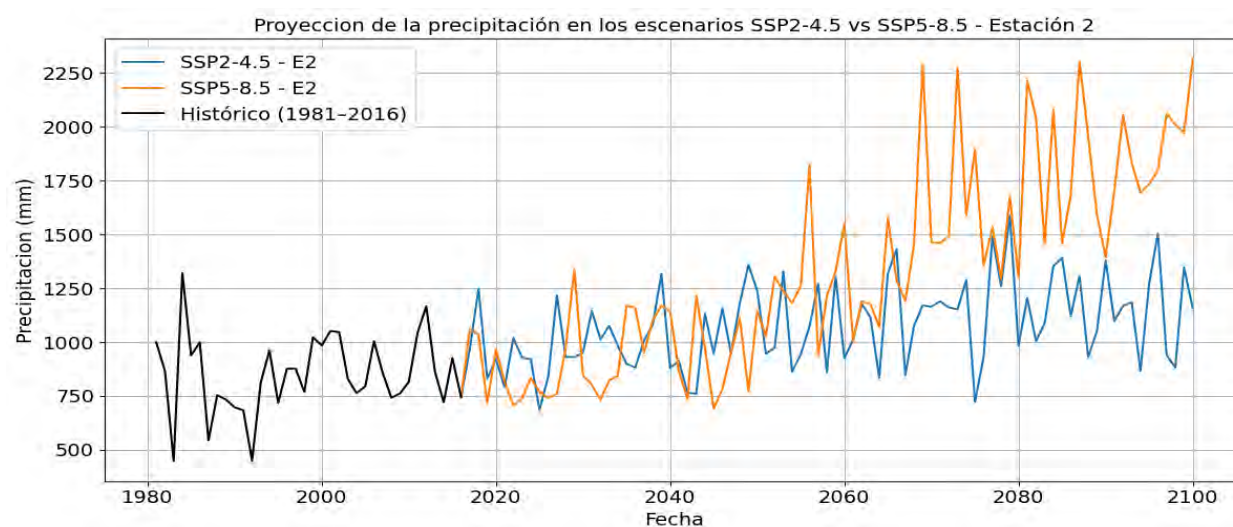
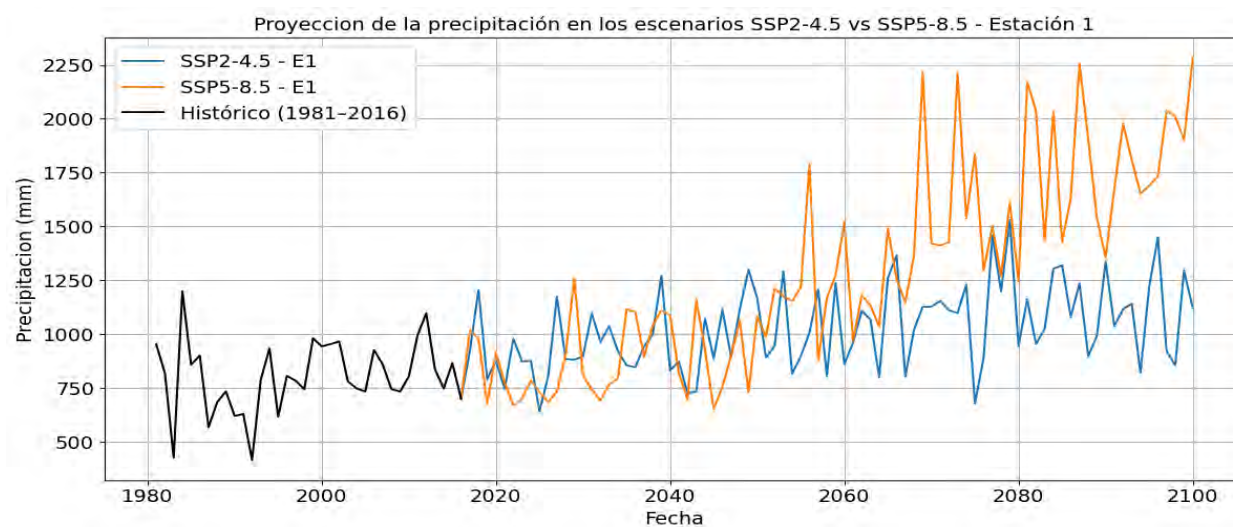
ANEXO N° 119*Promedio de caudales medios de la cuenca - Escenario SSP5-8.5*

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	44.55	46.43	27.45	28.54	10.61	5.45	4.38	4.00	3.59	4.11	4.40	9.57
2018	38.02	38.55	15.34	12.67	6.41	4.06	3.35	2.93	2.63	3.46	9.16	48.61
2019	26.61	15.16	38.19	20.80	9.89	5.43	4.52	4.09	3.71	3.80	3.79	4.10
2020	10.83	64.71	34.43	16.03	9.21	4.77	3.83	3.46	3.08	3.08	14.48	5.54
2021	10.57	19.55	23.17	28.56	8.23	4.00	2.97	2.68	2.39	2.30	4.09	7.34
2022	18.38	37.33	10.01	5.36	3.60	2.44	2.07	1.97	4.69	4.39	3.83	3.83
2023	22.95	28.48	18.74	8.42	4.14	2.70	2.11	1.87	1.64	1.52	2.53	4.84
2024	12.14	30.98	30.90	17.92	6.98	3.82	2.90	2.58	2.32	2.23	2.92	11.05
2025	11.01	16.20	32.29	20.44	7.56	4.01	3.09	2.71	2.53	2.40	2.60	6.06
2026	10.90	12.72	27.06	9.52	4.28	2.53	1.92	1.76	1.59	1.60	2.88	5.51
2027	44.76	38.89	38.48	13.69	6.19	4.29	3.70	3.31	2.97	2.84	2.58	2.61
2028	7.97	30.27	16.53	9.71	4.90	2.93	2.32	1.99	1.76	2.95	6.37	23.23
2029	55.08	85.44	60.50	20.64	9.86	6.46	5.56	4.99	4.51	4.32	6.02	39.71
2030	47.81	78.05	46.57	24.88	10.06	6.36	5.42	4.88	4.34	3.98	4.54	3.48
2031	3.23	24.79	16.24	20.11	8.14	3.64	2.42	2.00	1.79	2.05	4.05	4.11
2032	5.33	37.01	35.18	16.96	6.05	3.62	2.91	2.61	2.41	2.52	2.58	2.38
2033	2.85	6.05	34.56	20.53	6.43	3.18	2.05	1.76	1.79	1.66	3.65	7.21
2034	21.69	19.11	28.45	19.60	7.21	3.66	2.75	2.38	2.17	2.16	3.88	8.29
2035	47.64	74.80	53.28	26.27	11.23	6.53	5.38	4.83	4.36	4.32	5.43	10.07
2036	21.63	96.27	77.26	27.94	10.47	6.39	5.49	5.00	4.69	4.50	4.30	5.94
2037	16.89	73.24	24.90	11.14	5.06	3.36	2.70	2.35	2.09	2.03	2.54	9.50
2038	15.28	74.48	42.05	23.92	11.34	5.58	4.36	3.96	3.44	3.31	3.13	14.06
2039	26.65	99.88	51.12	32.37	10.19	5.59	4.80	4.53	3.89	4.12	10.26	15.11
2040	46.40	72.94	50.62	20.49	8.91	5.65	4.84	4.39	4.47	4.31	5.56	14.61
2041	17.05	31.76	40.07	31.11	10.39	5.10	3.96	3.48	3.61	3.92	3.22	6.02
2042	20.70	27.28	24.11	16.36	5.45	3.14	2.43	2.09	1.89	1.81	1.91	6.05
2043	17.78	47.90	64.88	53.81	13.36	6.05	4.59	4.33	4.08	5.31	11.65	23.53
2044	41.70	36.30	56.27	28.19	10.34	6.00	4.84	4.35	4.05	3.93	4.80	4.83
2045	16.77	12.16	26.54	15.77	6.32	3.41	2.48	2.30	2.07	2.12	2.77	3.79
2046	22.13	45.98	36.81	12.43	5.60	3.61	2.94	2.63	2.36	3.01	4.31	4.19
2047	9.50	21.78	47.13	10.72	4.97	3.15	2.38	2.11	1.89	1.78	3.16	22.08
2048	37.02	72.81	63.99	32.46	11.86	6.40	5.20	4.78	4.76	4.65	4.68	10.82
2049	6.93	4.87	23.94	27.35	8.98	3.81	2.46	2.04	1.91	2.00	2.92	11.69
2050	37.87	59.22	69.91	21.05	8.26	4.96	4.26	3.86	3.43	3.25	8.61	14.91
2051	26.31	25.84	105.50	19.62	7.99	4.67	3.97	3.55	3.22	3.36	5.60	19.35
2052	22.97	140.80	34.27	17.28	8.95	5.34	4.47	4.12	3.70	3.19	10.84	22.38
2053	45.81	44.32	77.69	31.40	11.72	6.67	5.37	4.78	4.24	4.74	6.31	33.23
2054	123.70	45.93	56.36	46.22	11.99	6.98	5.76	5.14	4.57	5.23	5.67	10.04
2055	37.10	110.50	97.94	33.97	10.28	6.12	5.15	4.62	4.16	3.94	4.76	13.46
2056	85.81	90.00	188.80	82.51	18.10	9.89	8.02	7.02	6.21	8.84	10.68	41.66
2057	46.65	58.39	31.02	12.58	7.13	5.17	4.36	3.88	3.55	3.87	7.91	11.82

Fecha	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2058	50.21	58.66	35.70	29.40	11.09	5.66	4.40	3.99	4.08	6.82	8.24	33.94
2059	27.78	41.83	122.80	47.15	12.40	6.66	5.48	4.99	4.73	4.95	11.19	66.21
2060	82.16	95.08	144.90	76.15	21.70	10.78	8.38	7.45	6.82	8.20	7.99	15.39
2061	9.11	14.40	83.44	71.10	13.26	5.72	4.22	3.94	3.51	3.66	4.01	10.63
2062	55.61	33.82	174.70	40.77	14.38	6.60	4.95	4.52	4.21	4.08	4.99	8.47
2063	43.69	98.63	50.44	27.59	11.87	6.21	4.90	4.49	4.16	6.68	7.55	9.25
2064	54.11	49.74	41.86	21.88	8.29	5.09	4.19	3.65	3.24	3.52	3.89	14.90
2065	26.66	158.70	56.26	22.34	9.39	5.32	4.48	4.08	4.17	7.09	12.19	82.88
2066	79.33	109.60	91.86	42.51	13.32	7.93	6.39	5.61	6.58	9.63	10.91	13.23
2067	15.86	73.94	98.84	33.67	12.20	6.66	5.31	4.77	4.40	5.60	5.34	8.68
2068	25.21	111.20	74.78	15.98	7.28	5.21	4.61	4.19	3.79	5.97	13.83	76.07
2069	87.56	196.80	222.30	59.06	17.02	10.55	8.95	7.98	6.97	15.22	36.48	70.48
2070	78.20	126.60	140.60	38.83	15.66	9.93	8.15	7.16	6.39	15.09	15.26	18.98
2071	20.15	149.10	141.00	49.24	14.82	8.13	6.39	5.69	5.25	7.92	17.80	16.45
2072	58.16	59.37	81.16	36.29	10.61	6.30	5.17	4.70	4.32	4.57	19.72	98.59
2073	123.70	292.20	137.70	73.61	18.65	10.79	8.88	8.07	7.33	15.47	34.40	86.26
2074	83.51	114.40	159.00	50.42	17.62	11.07	8.86	7.93	6.97	8.71	20.00	18.23
2075	77.34	228.20	136.30	64.80	14.92	8.59	6.75	5.91	5.47	13.24	33.55	22.51
2076	19.01	107.40	64.86	51.58	15.86	7.51	5.37	4.64	4.48	12.44	30.93	27.78
2077	56.40	81.98	254.20	34.55	12.07	7.35	6.13	5.83	5.60	8.69	9.51	29.70
2078	107.60	29.99	113.50	46.71	12.48	6.66	5.21	4.54	4.11	3.83	8.81	34.19
2079	51.32	191.90	73.05	38.21	12.78	7.32	5.96	5.38	6.25	8.20	10.69	46.97
2080	30.74	37.73	109.20	52.75	17.89	8.15	6.25	5.64	5.15	5.02	7.39	36.16
2081	157.00	227.30	118.90	130.70	25.83	12.68	9.30	7.92	7.13	23.37	31.22	57.21
2082	181.00	146.60	238.10	58.72	18.63	10.51	8.14	7.11	6.71	44.85	25.50	37.88
2083	142.40	54.03	157.70	63.02	17.78	10.47	8.01	6.89	6.32	9.03	25.48	25.41
2084	58.97	107.80	236.00	121.00	24.35	12.24	8.63	7.22	7.00	14.64	44.21	56.95
2085	58.41	126.10	147.40	49.65	16.66	9.69	7.62	6.85	6.70	17.53	18.09	24.11
2086	105.00	85.38	95.51	48.43	17.10	8.84	6.65	5.82	5.29	17.48	21.68	82.01
2087	232.40	304.50	83.50	59.01	21.19	11.78	8.62	7.29	7.95	12.85	50.07	36.83
2088	151.70	179.30	111.20	42.69	24.33	11.70	7.95	6.64	5.80	7.22	49.64	47.62
2089	39.79	139.50	200.00	46.13	15.28	9.27	7.44	6.87	5.85	6.00	13.06	33.51
2090	51.14	70.18	52.51	73.81	17.37	7.93	5.81	5.13	6.34	7.96	15.70	48.28
2091	180.50	87.49	87.30	69.54	18.76	9.90	7.52	6.91	6.20	9.24	43.92	68.68
2092	24.40	212.80	82.37	27.10	14.43	7.59	5.89	5.54	9.90	30.71	31.29	69.30
2093	64.43	73.58	271.30	109.30	19.44	10.41	7.78	6.95	6.30	19.28	61.26	42.52
2094	121.00	125.50	80.02	69.44	22.74	10.97	8.41	7.42	7.55	30.31	52.58	21.42
2095	58.24	100.10	263.20	47.95	16.75	9.18	6.99	6.09	5.50	7.33	28.20	40.36
2096	114.10	50.57	149.40	21.25	11.75	6.88	5.60	5.51	5.90	11.09	21.67	172.80
2097	105.30	155.20	213.00	64.51	18.69	11.14	8.48	7.49	6.91	92.05	92.82	63.63
2098	158.30	118.70	332.90	67.85	20.33	13.80	10.15	8.64	8.05	19.84	35.17	24.15
2099	18.83	166.50	249.40	47.78	17.24	9.33	7.20	6.23	5.41	21.66	53.55	54.47
2100	161.20	225.00	207.30	115.90	28.97	13.54	10.55	12.21	10.51	11.03	15.19	56.82

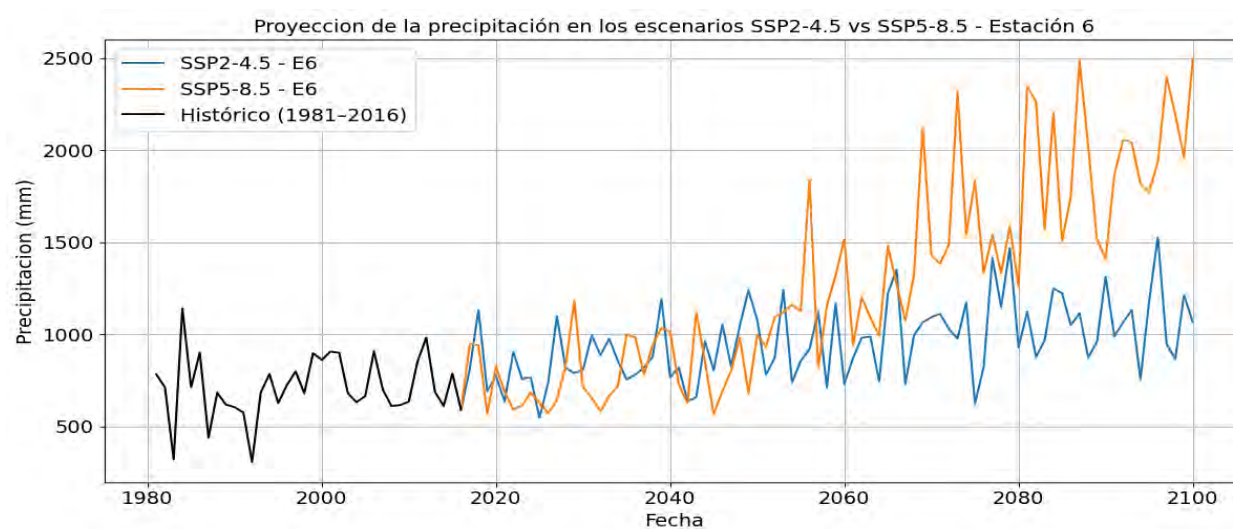
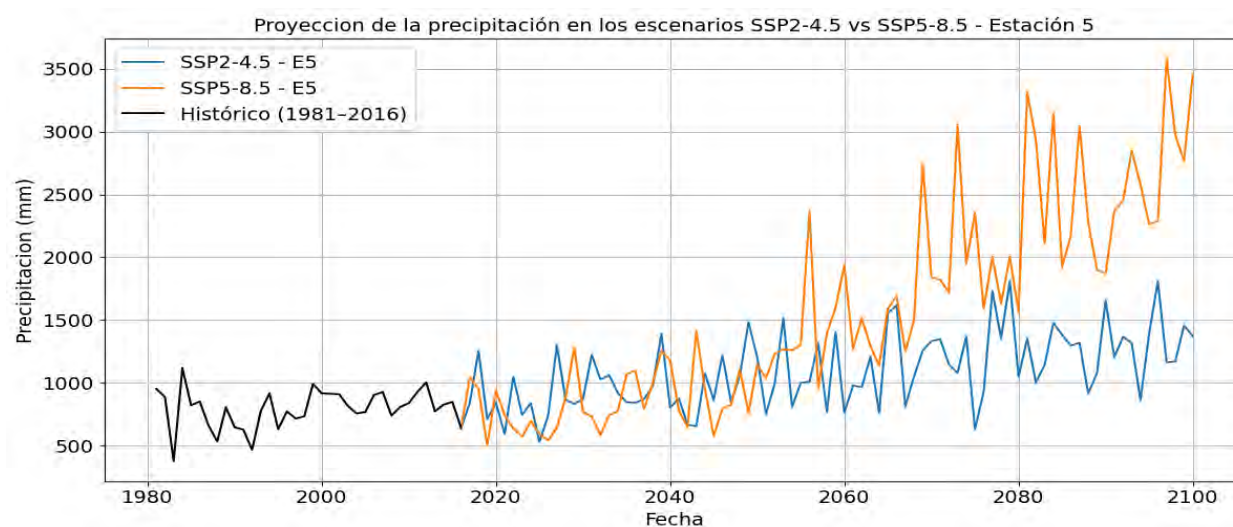
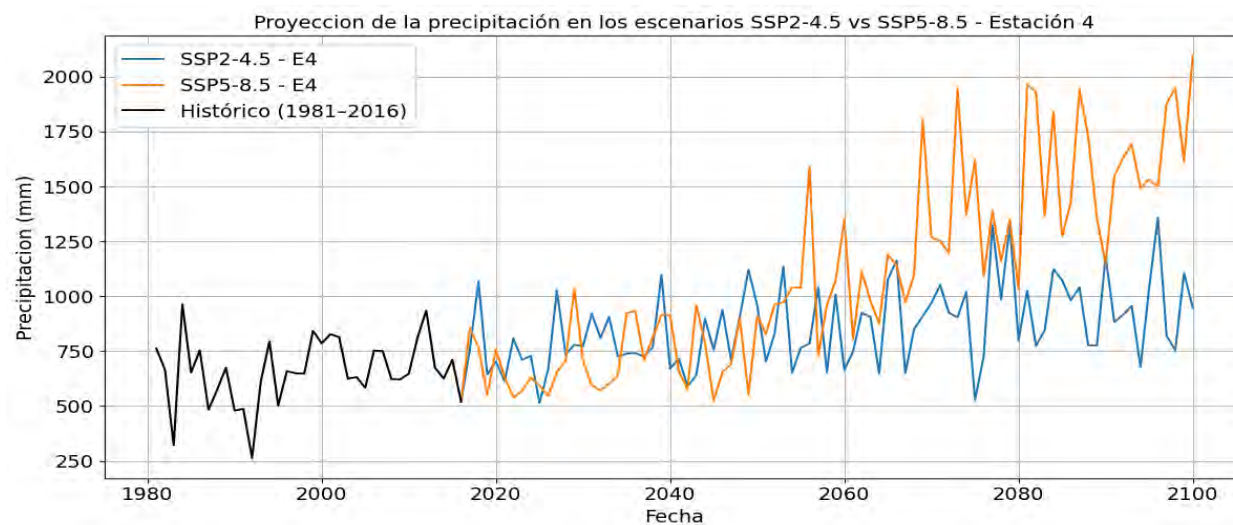
ANEXO N° 120

Proyecciones de la precipitación – Estaciones 1, 2 y 3



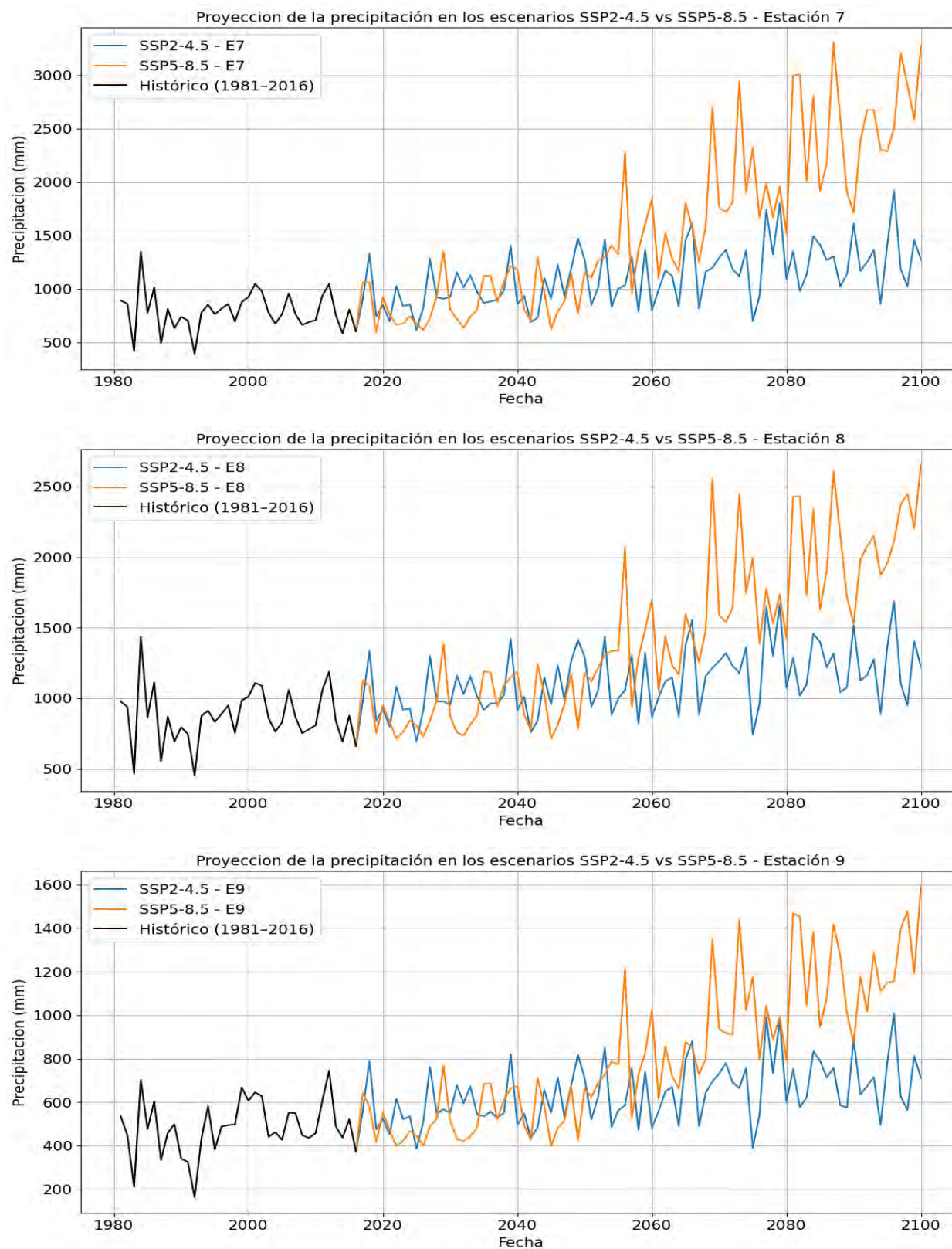
ANEXO N° 121

Proyecciones de la precipitación – Estaciones 4, 5 y 6



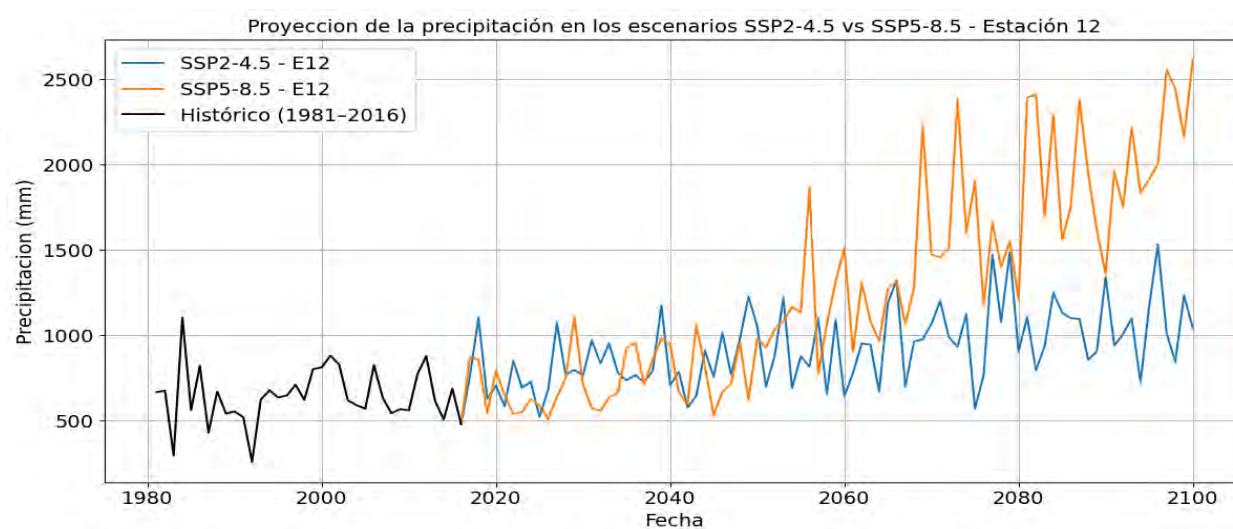
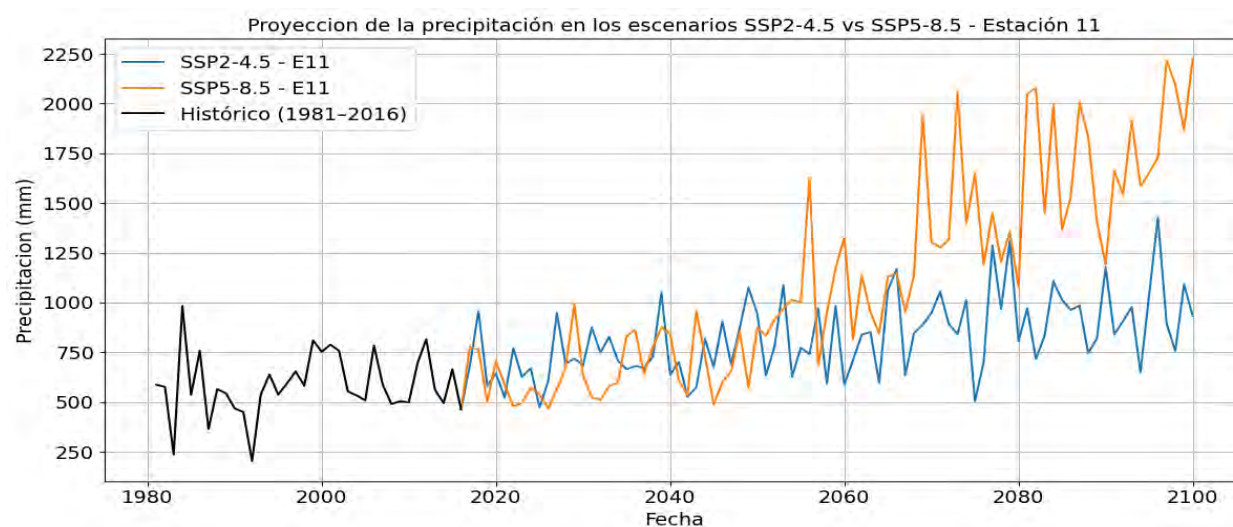
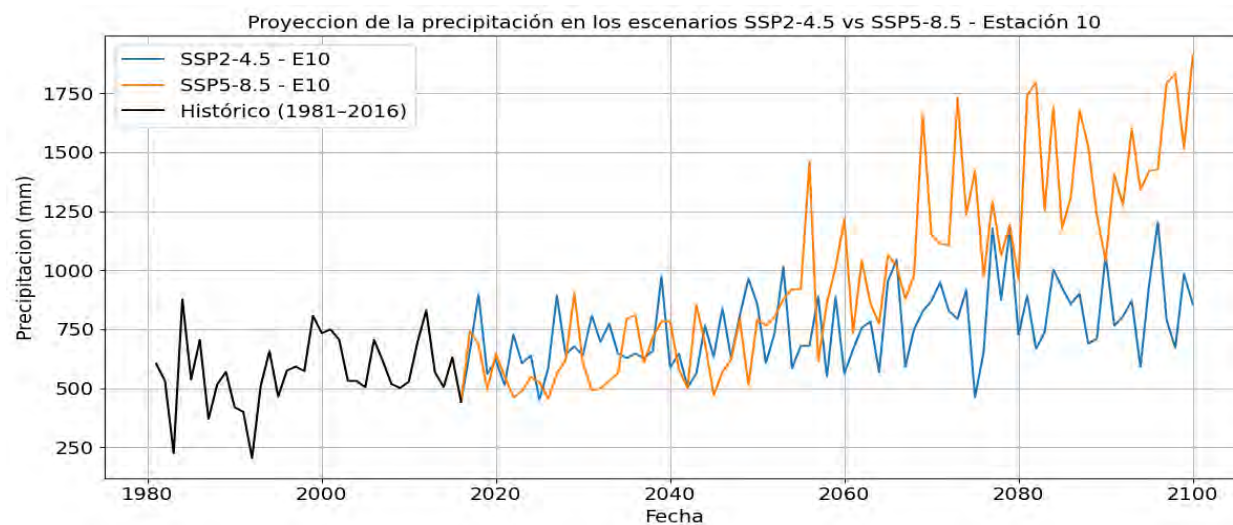
ANEXO N° 122

Proyecciones de la precipitación – Estaciones 7, 8 y 9



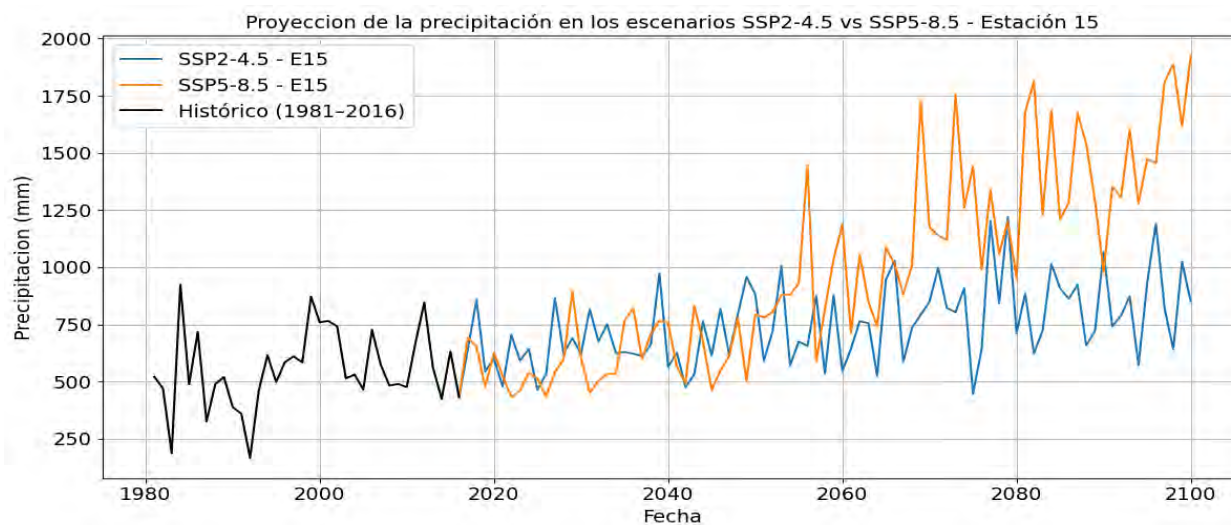
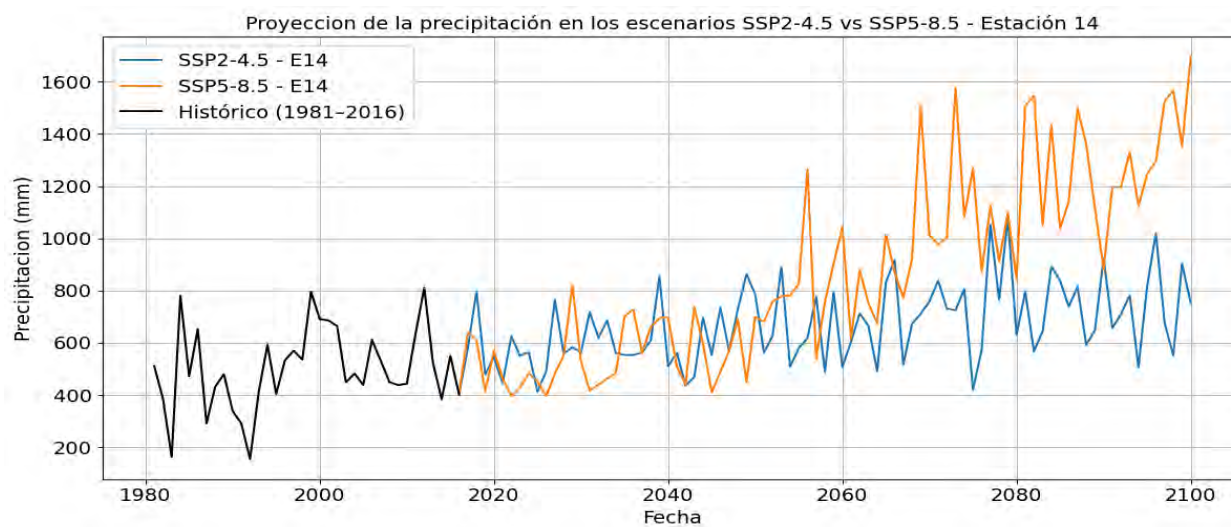
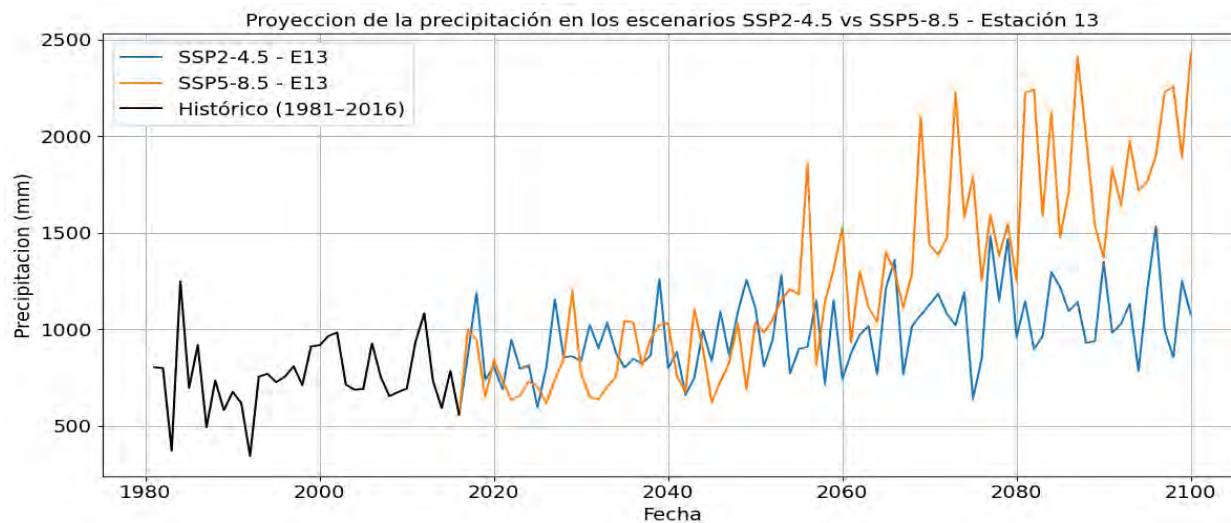
ANEXO N° 123

Proyecciones de la precipitación – Estaciones 10, 11 y 12



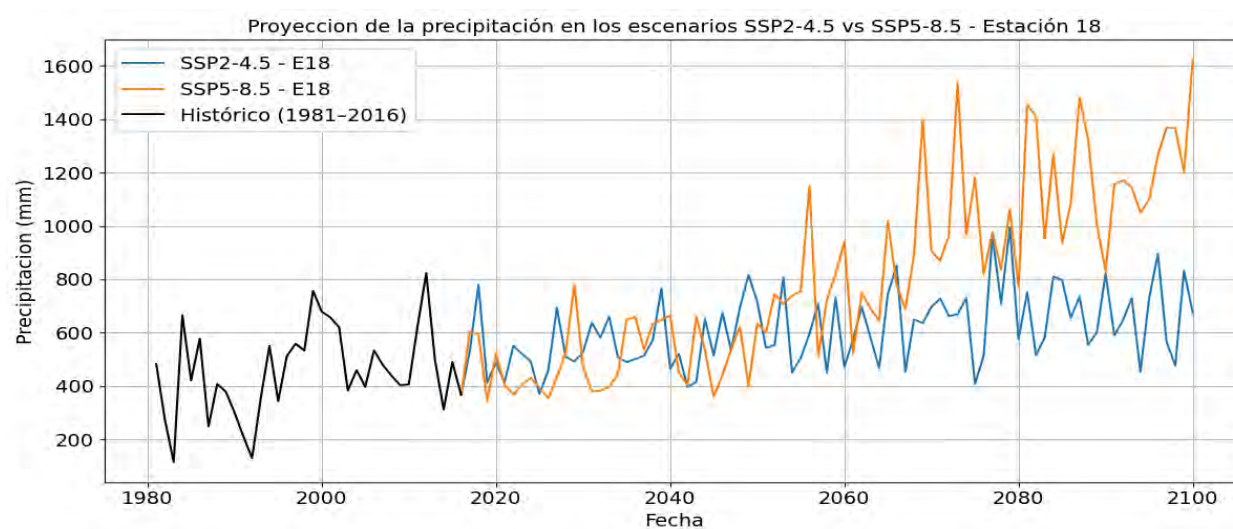
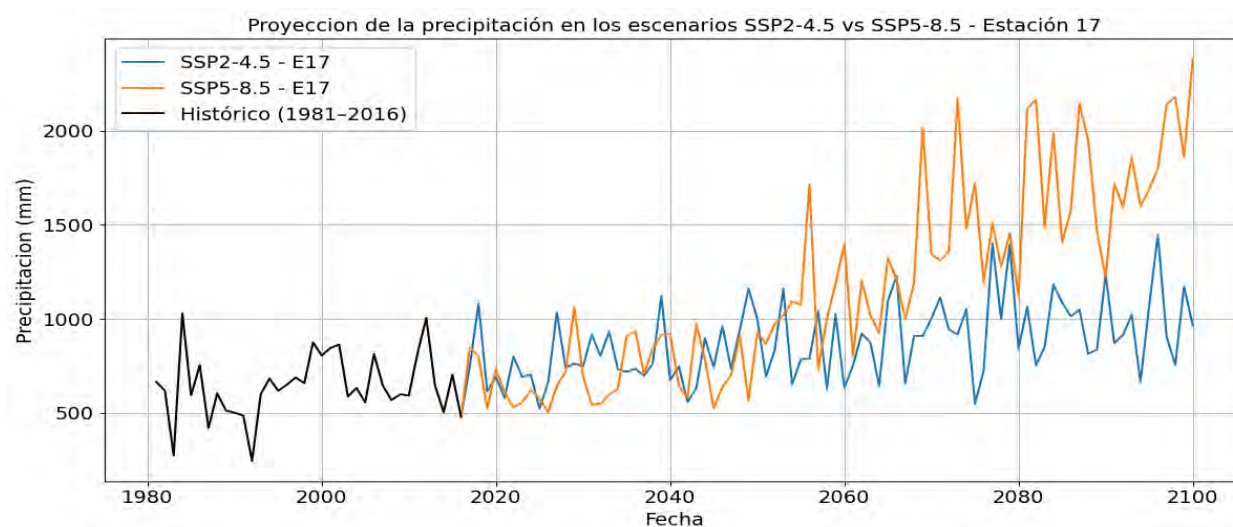
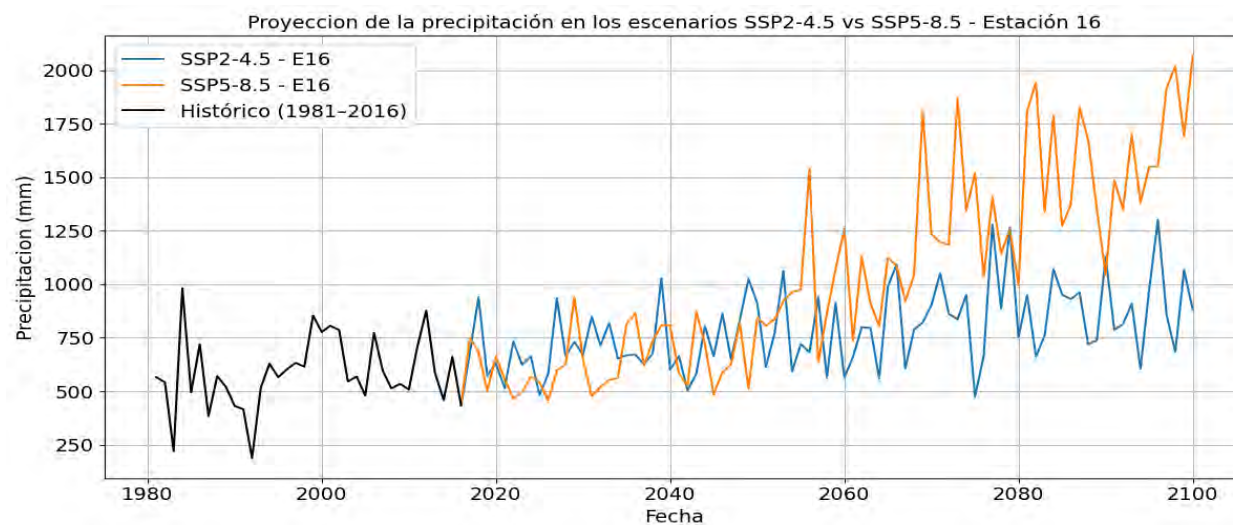
ANEXO N° 124

Proyecciones de la precipitación – Estaciones 13, 14 y 15



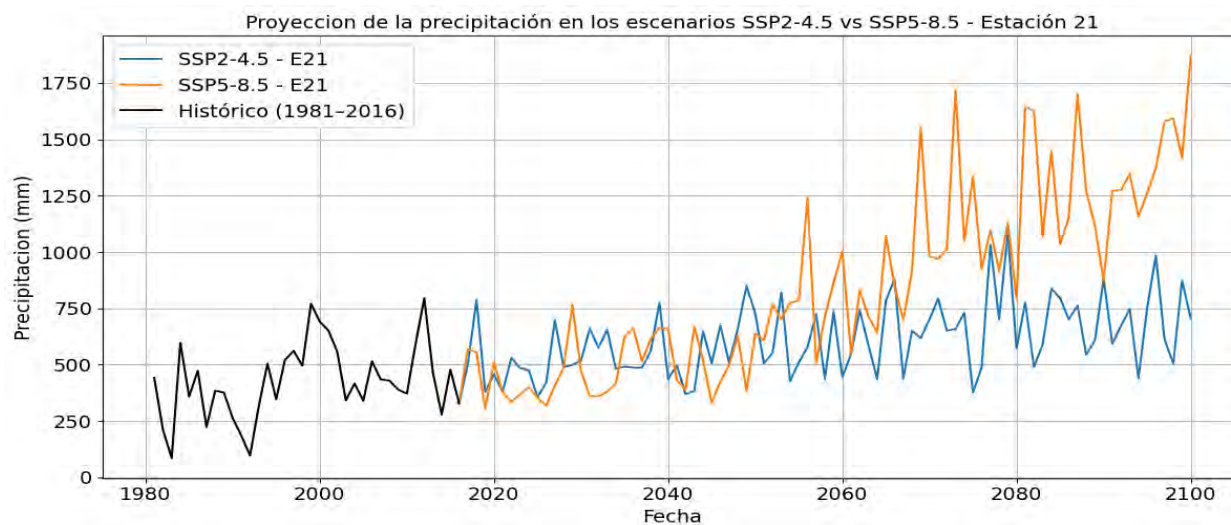
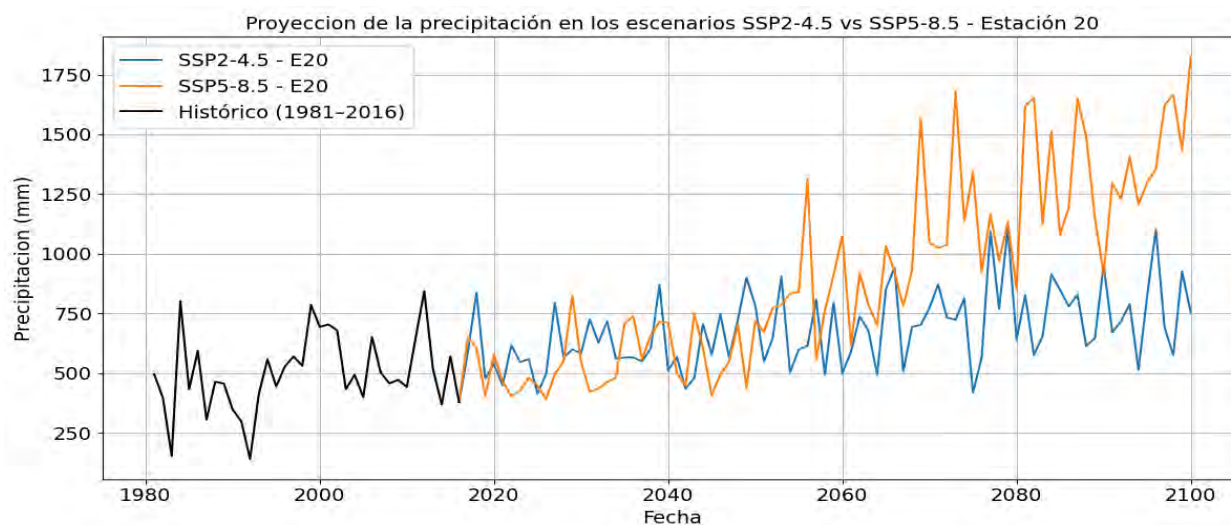
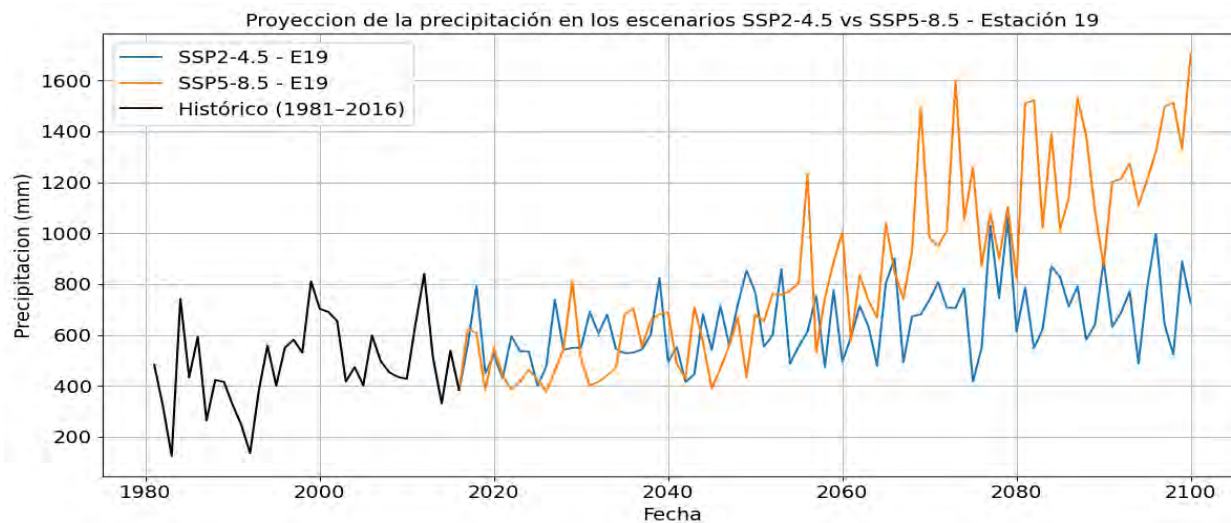
ANEXO N° 125

Proyecciones de la precipitación – Estaciones 16, 17 y 18



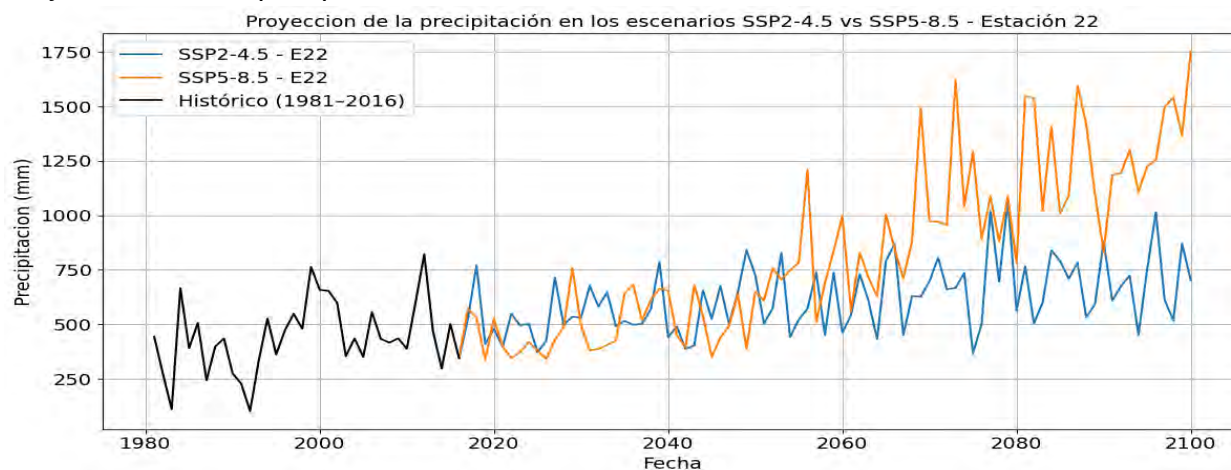
ANEXO N° 126

Proyecciones de la precipitación – Estaciones 19, 20 y 21



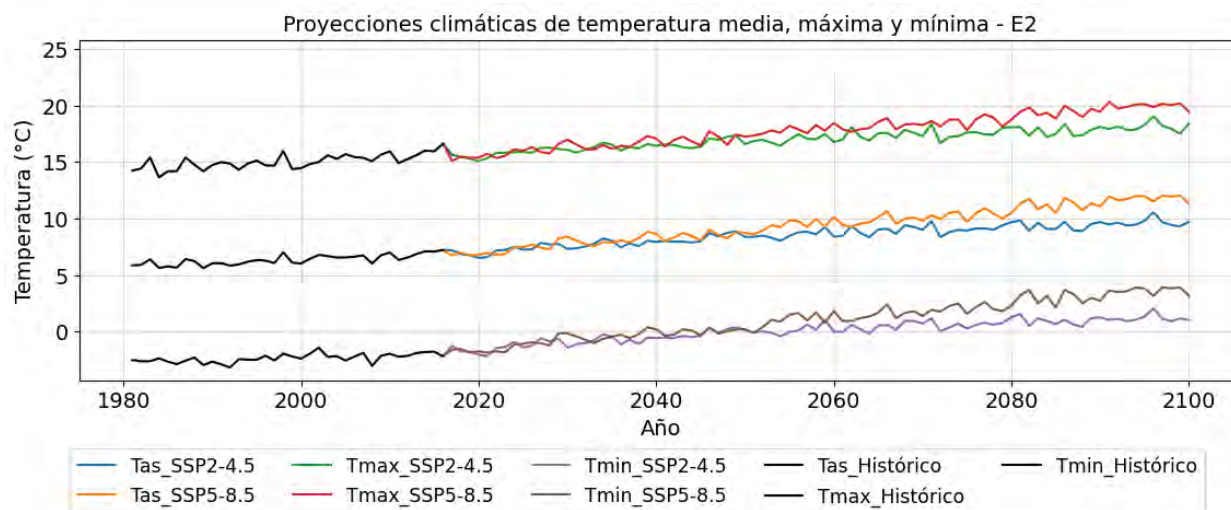
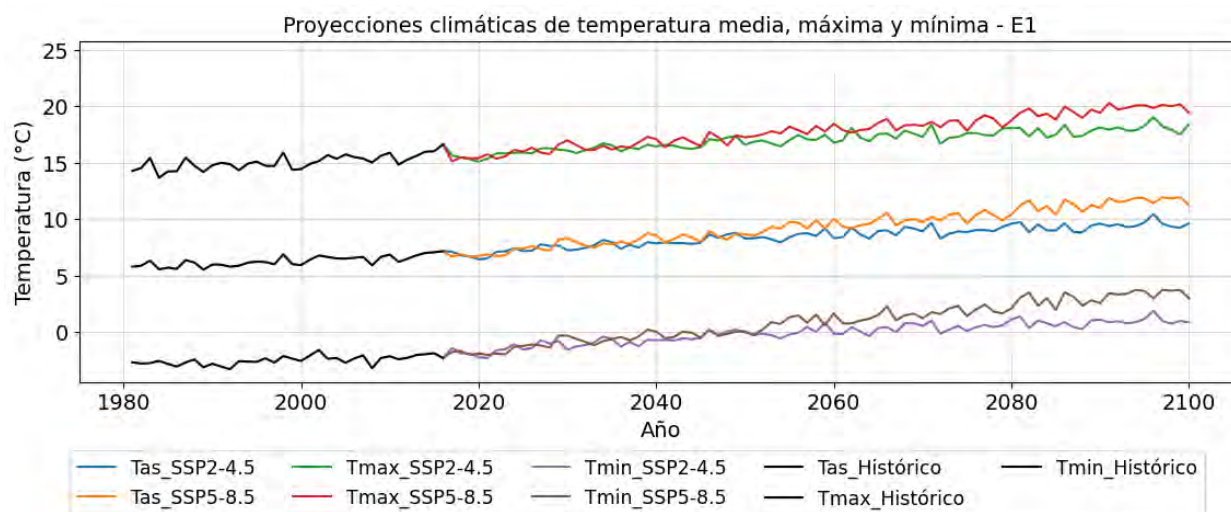
ANEXO N° 127

Proyecciones de la precipitación – Estación 22



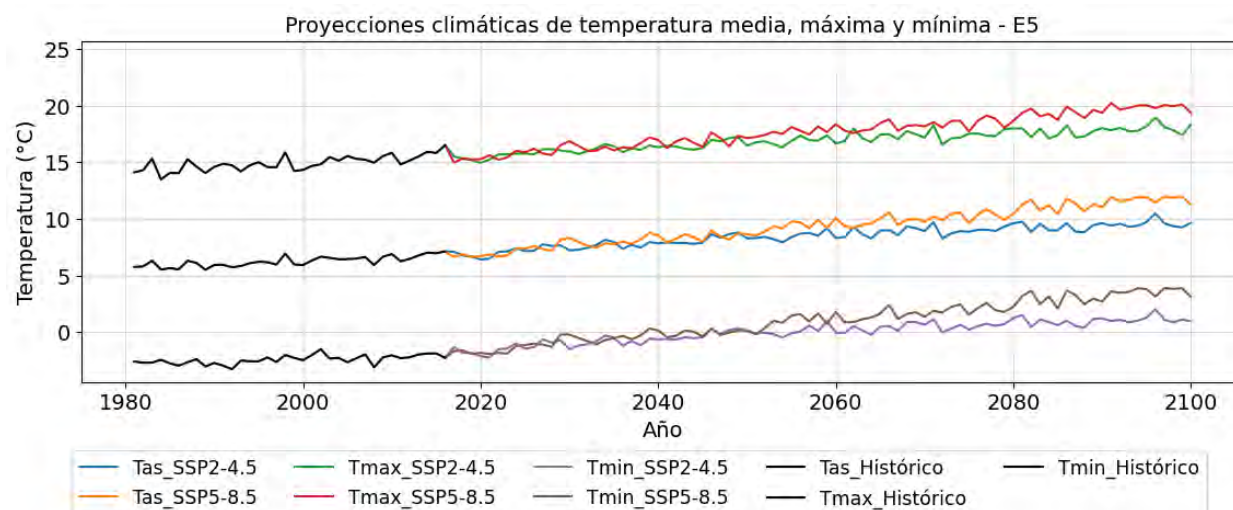
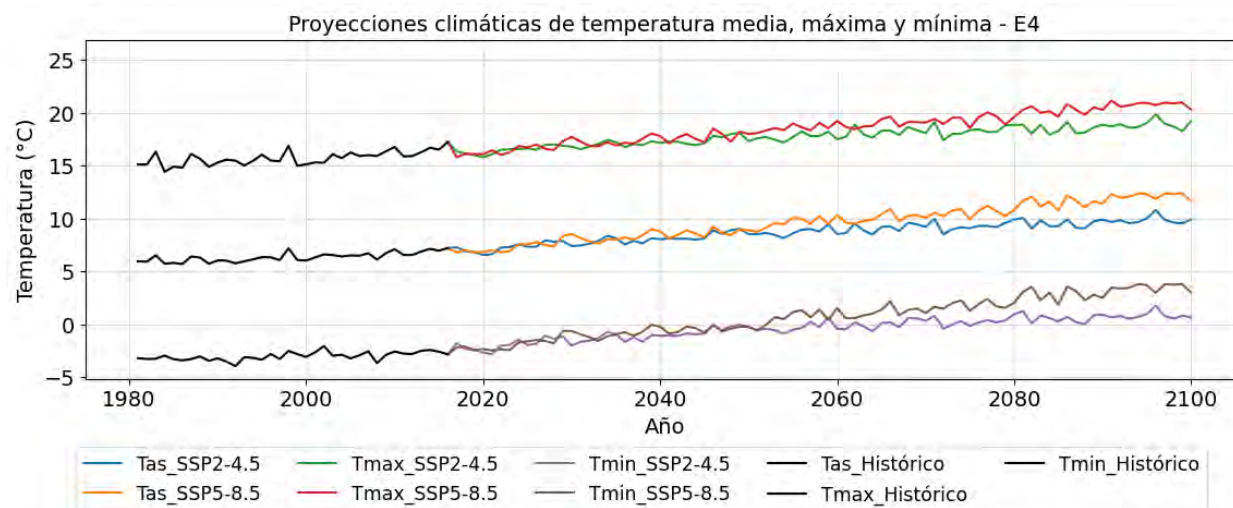
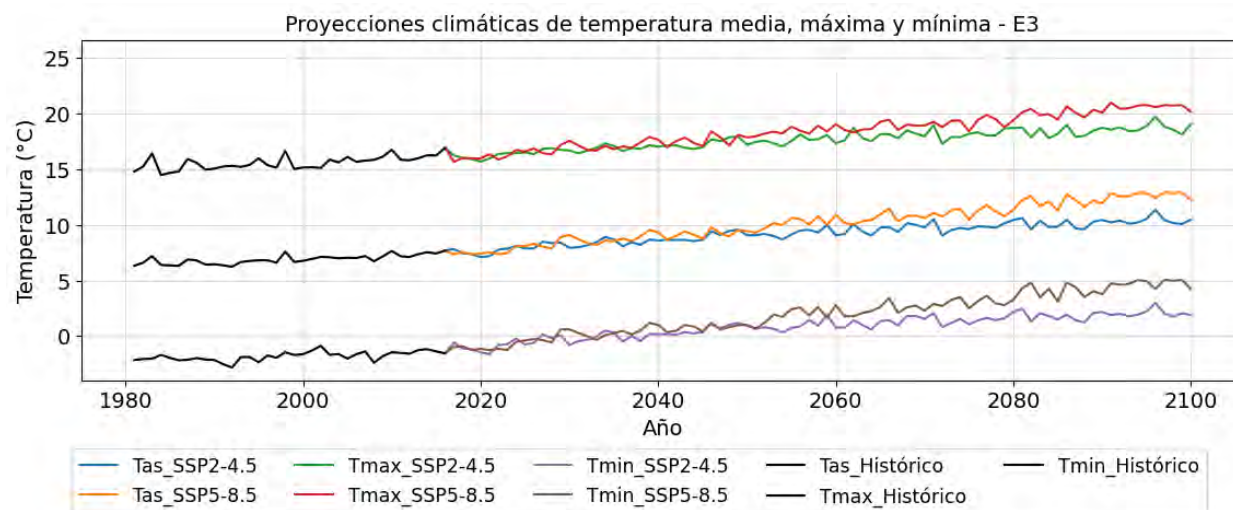
ANEXO N° 128

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 1 y 2



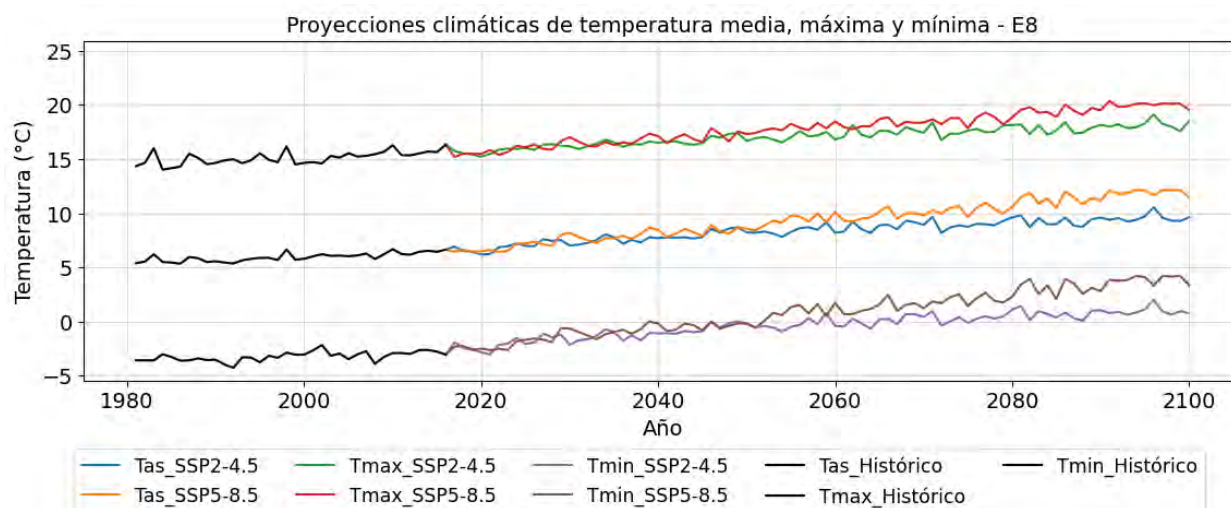
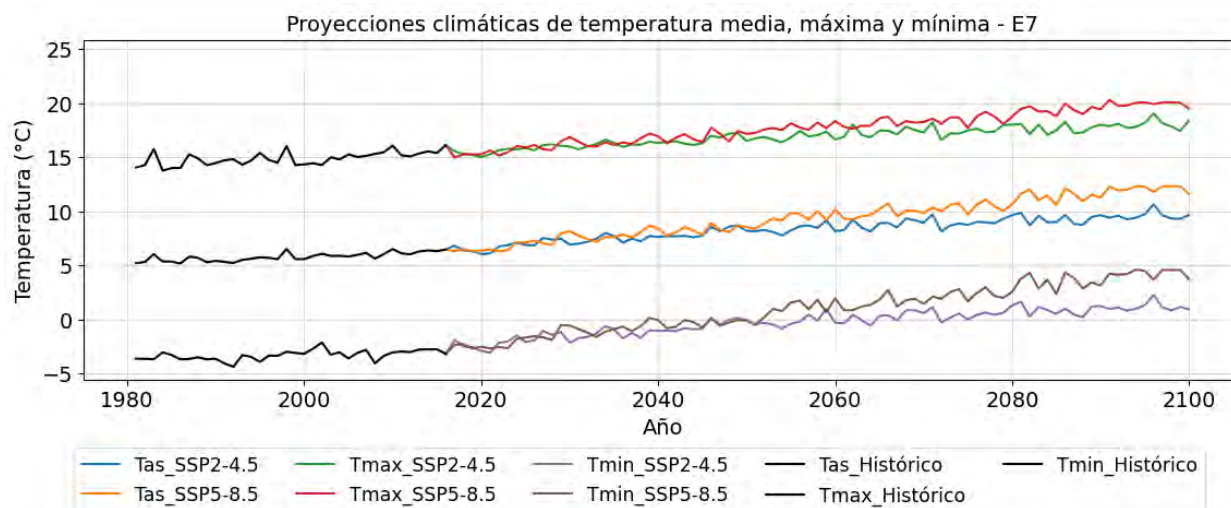
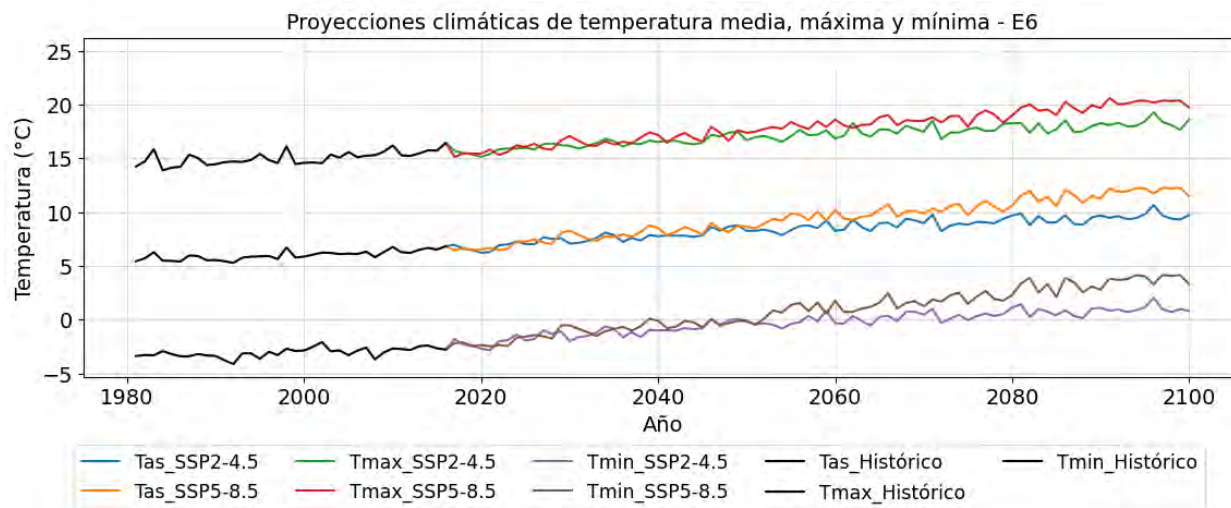
ANEXO N° 129

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 3, 4 y 5



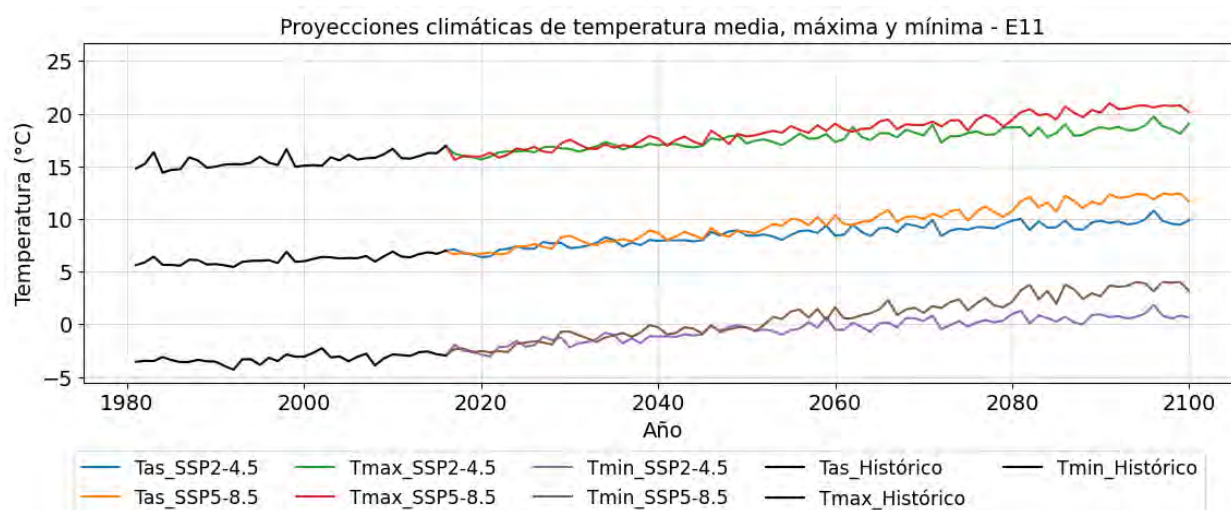
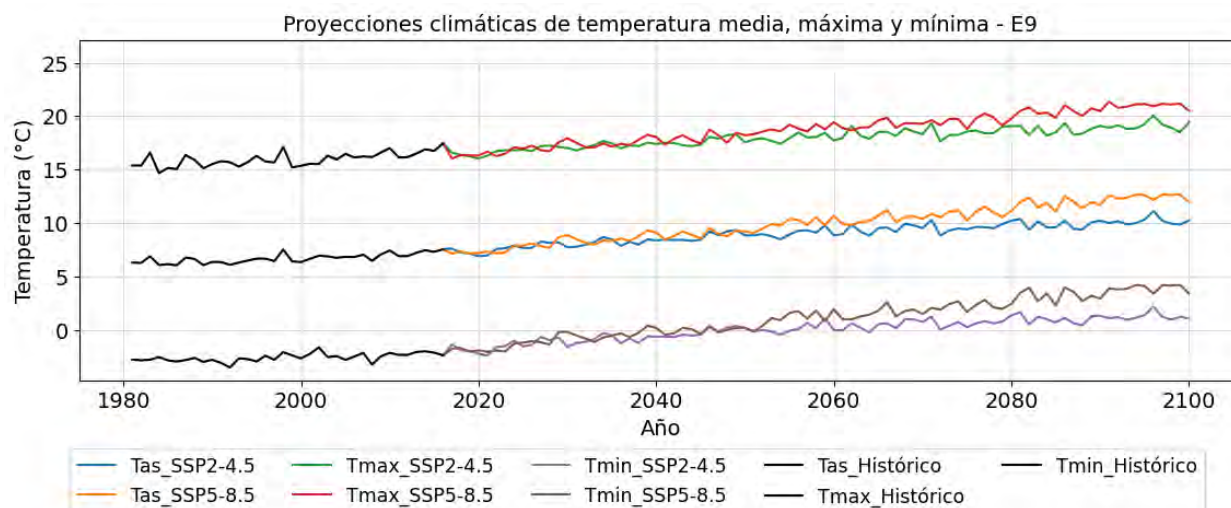
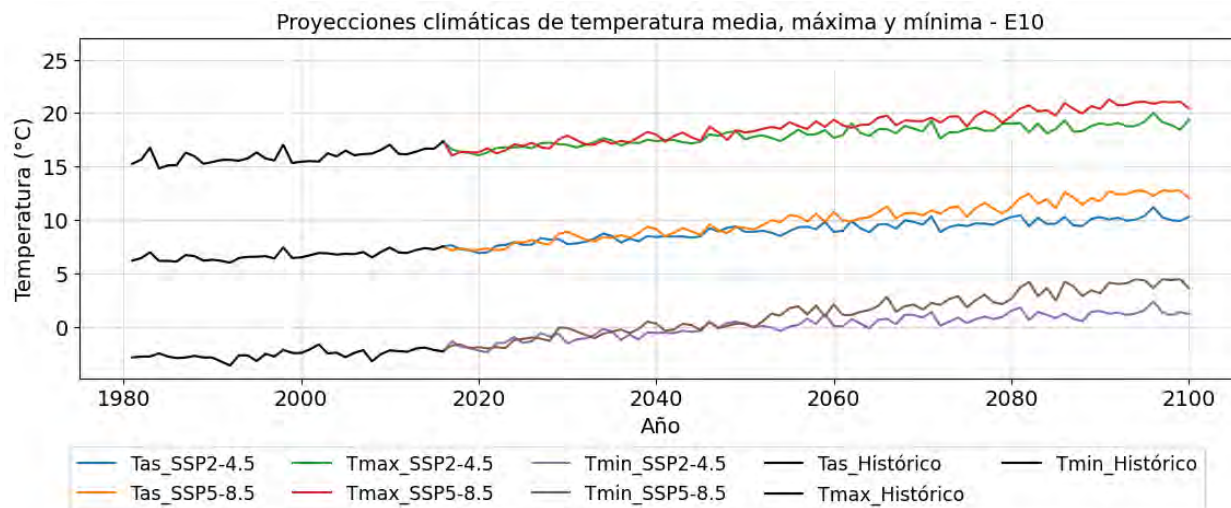
ANEXO N° 130

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 6, 7 y 8



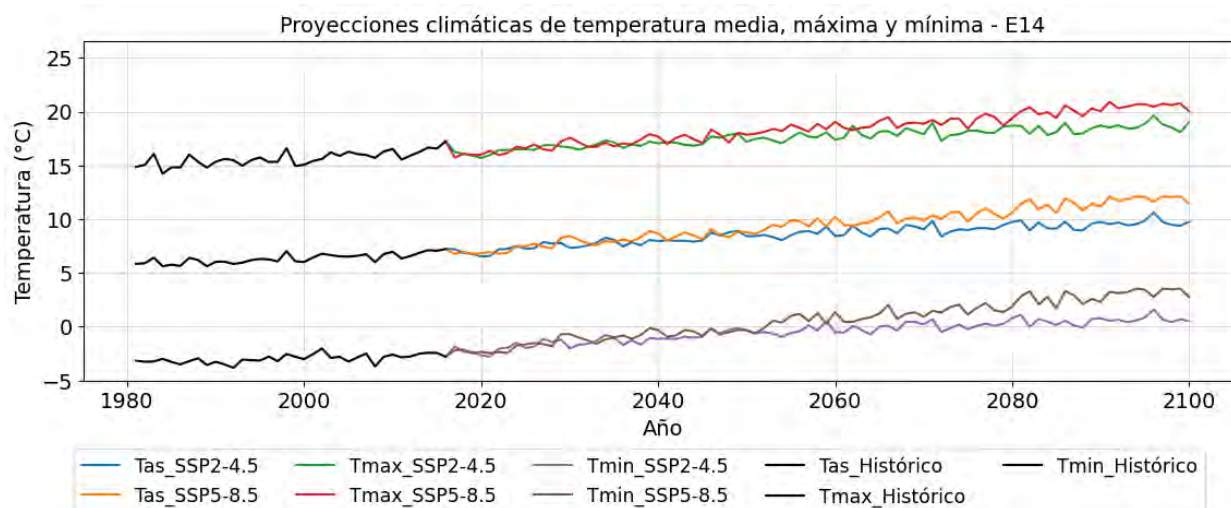
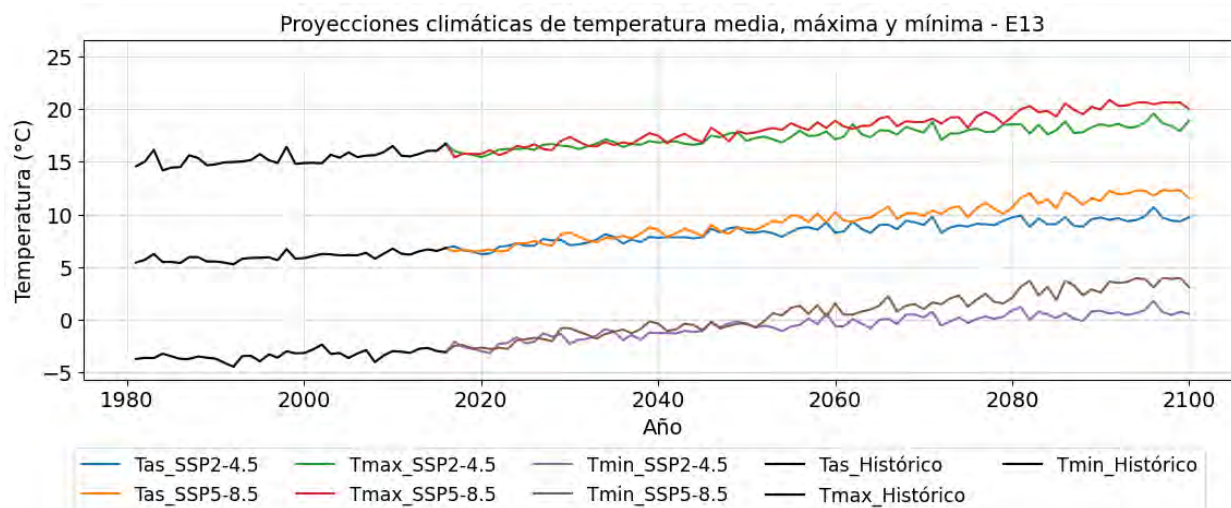
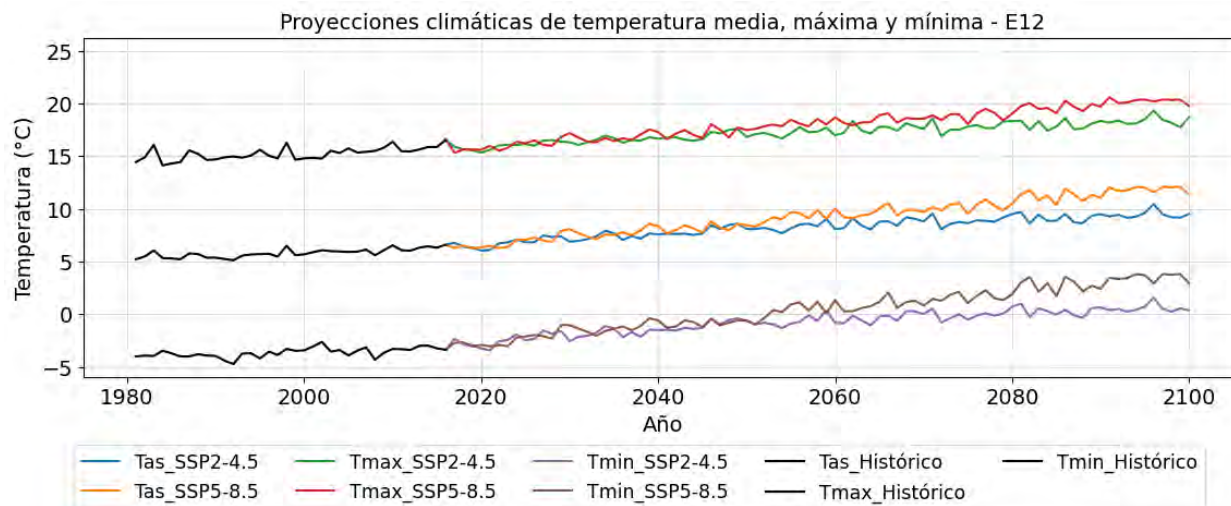
ANEXO N° 131

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 9, 10 y 11



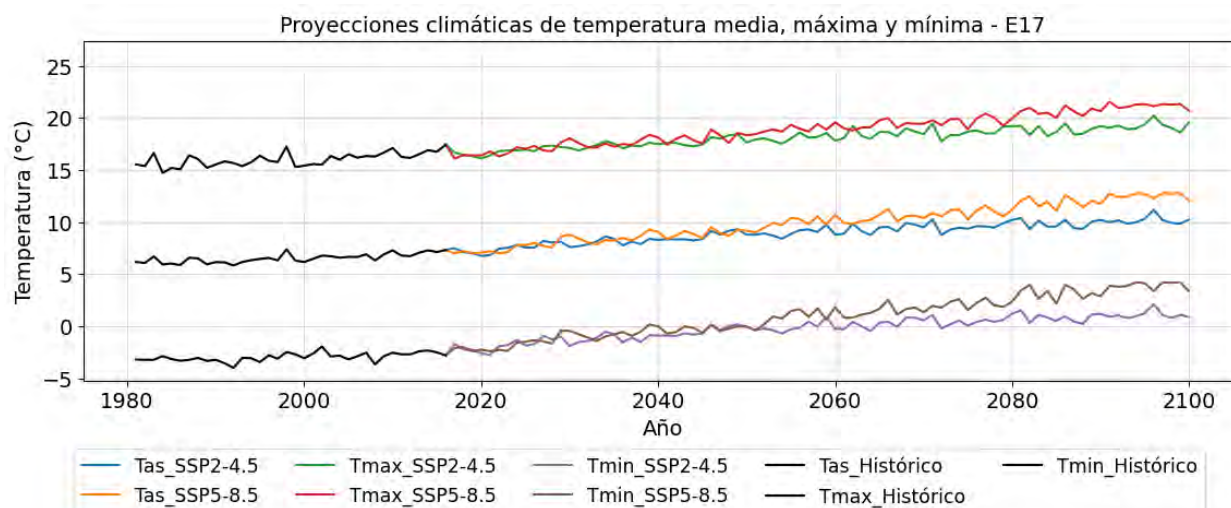
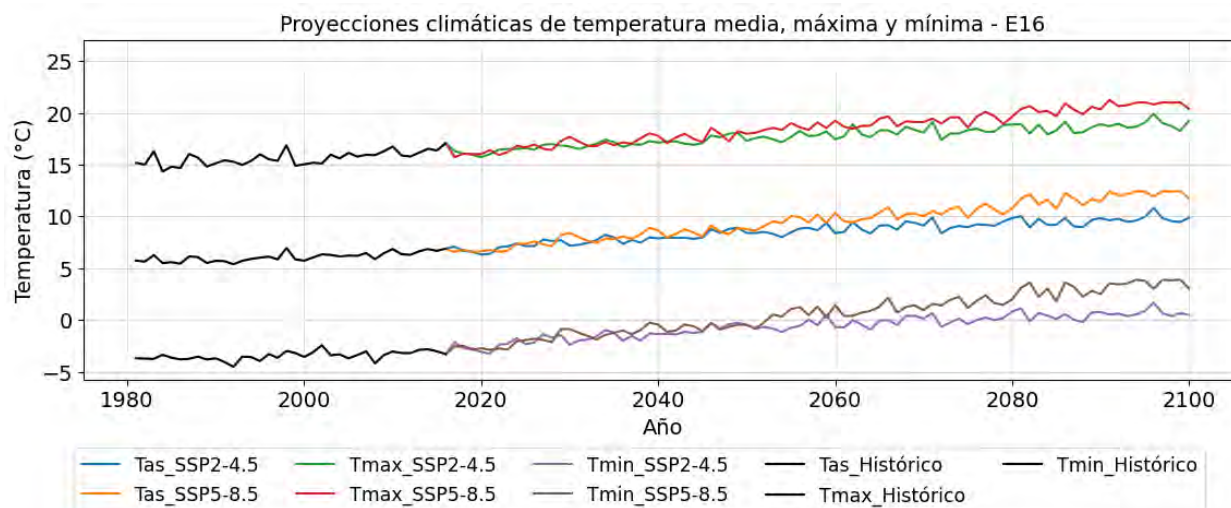
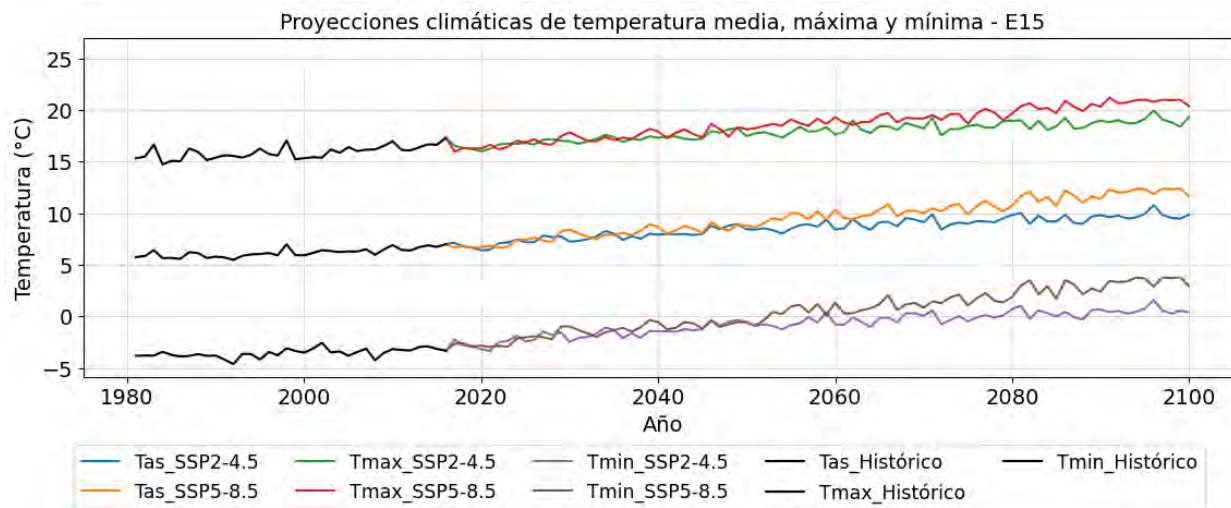
ANEXO N° 132

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 12, 13 y 14



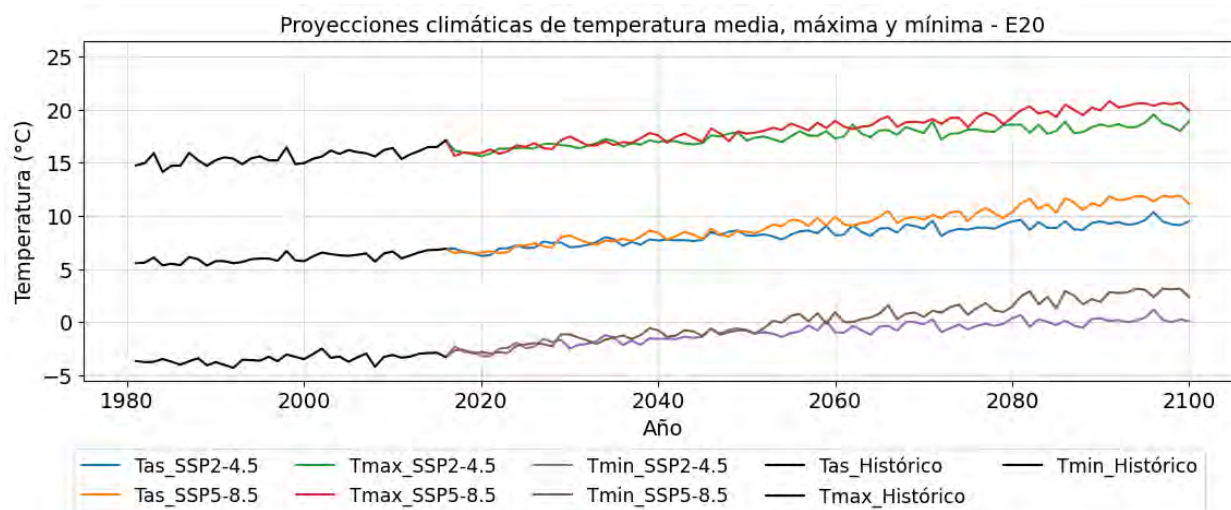
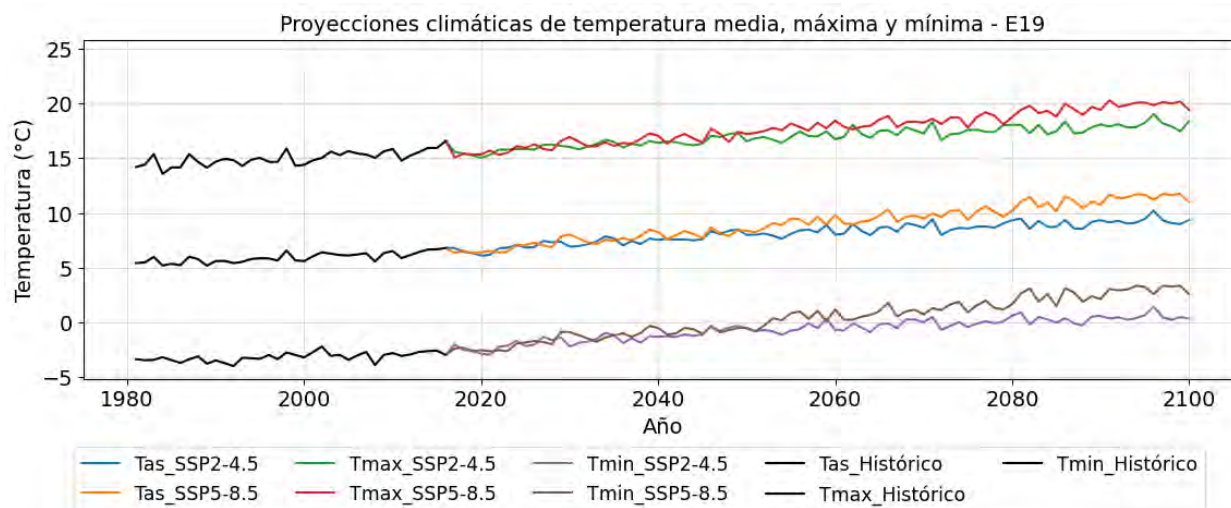
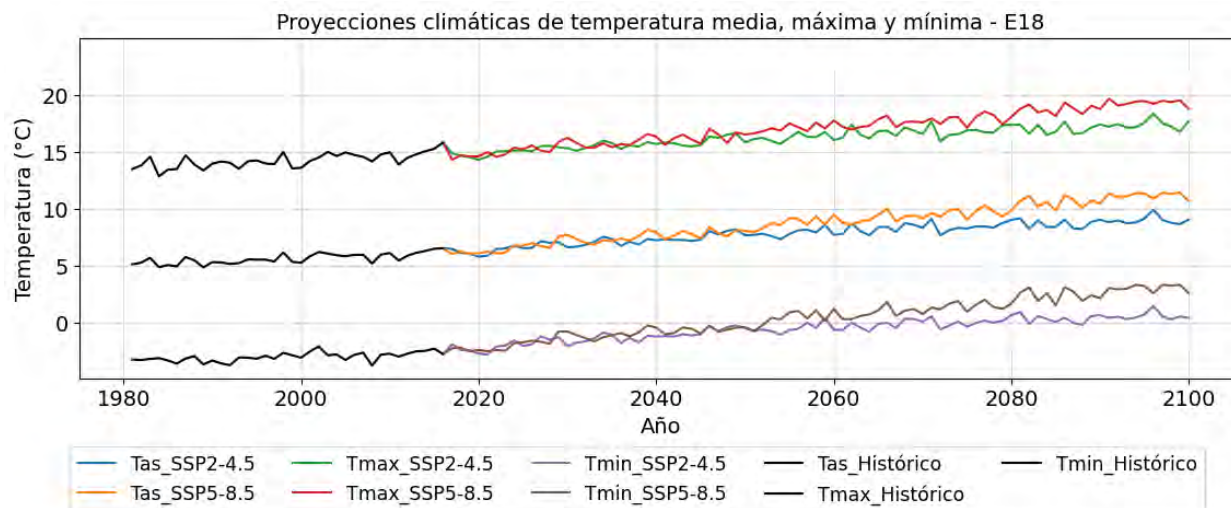
ANEXO N° 133

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 15, 16 y 17



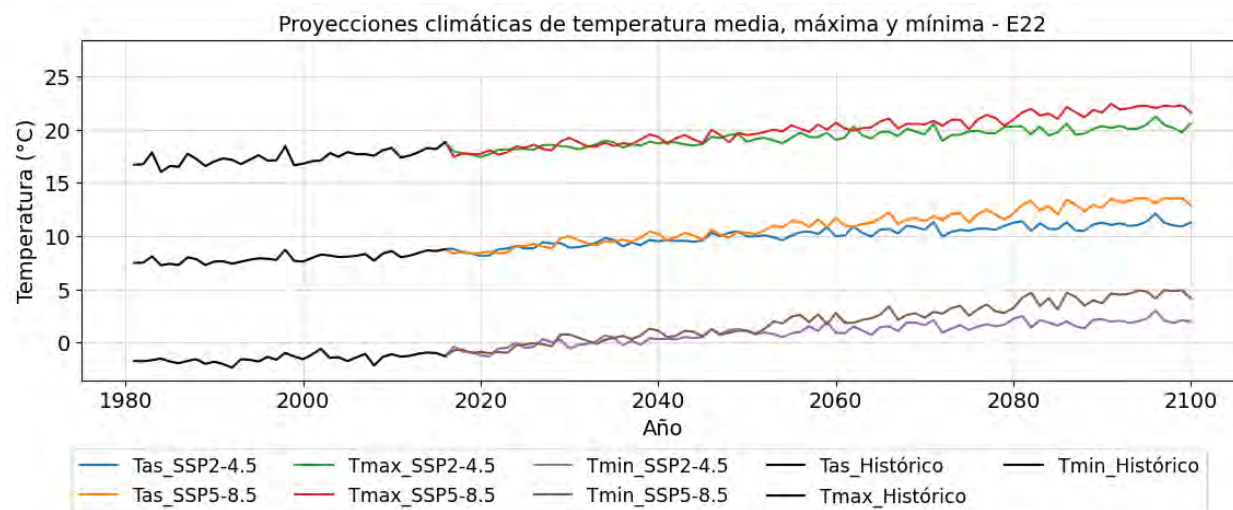
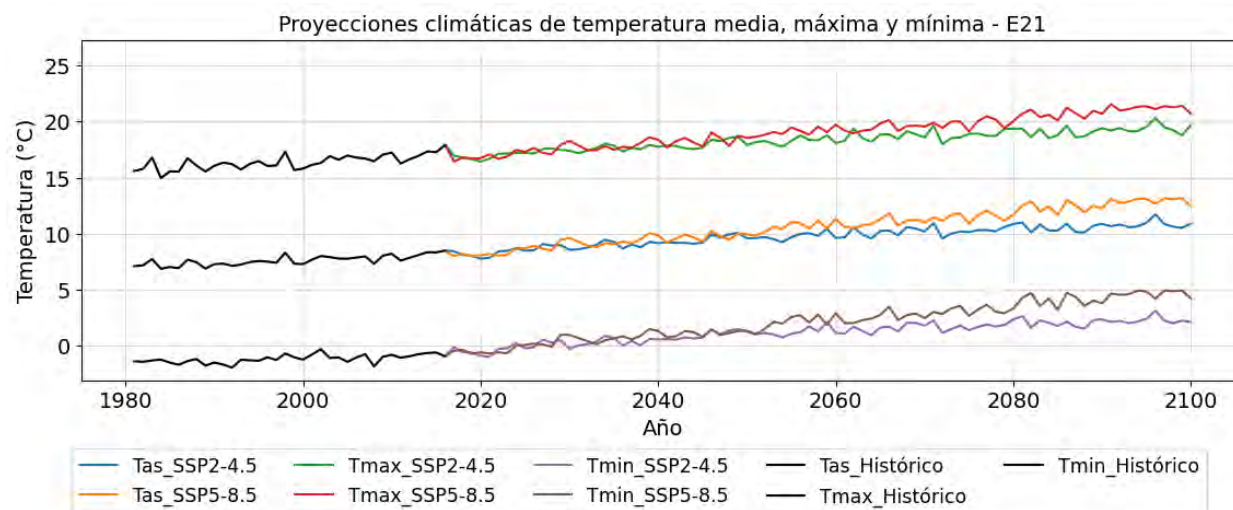
ANEXO N° 134

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 18, 19 y 20



ANEXO N° 135

Proyecciones de la temperatura media, máxima y mínima – Estación 21 y 22



ANEXO N° 136*Panel fotográfico de visita a campo*

 <p>21 feb 2025 10:48:35 a. m. 19L 217142 8320401 Arequipa 112 Caylloma Arequipa Altitud:4329.6m</p>	 <p>21 feb 2025 10:53:28 a. m. 19L 217086 8320418 Caylloma Arequipa Altitud:4311.1m</p>
<p><i>Nota.</i> En la fotografía se muestra el río Hornillos</p>	<p><i>Nota.</i> En la fotografía se muestra el río Apurímac, así como la intersección del río Hornillos y el río Apurímac</p>
 <p>21 feb 2025 3:23:50 p. m. 19L 200968 8317636 Caylloma, Caylloma 04190 Perú Altitud:4362.5m</p>	 <p>21 feb 2025 12:42:15 p. m. 19L 217206 8314465 Caylloma, Caylloma 04190 Perú Altitud:4277.2m</p>
<p><i>Nota.</i> En la fotografía se muestra la cobertura vegetal de pajonal andino</p>	<p><i>Nota.</i> En la fotografía se muestra una de las zonas de bofedales</p>