

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA, CON
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



TESIS

“Uso de R Climdex para determinar los índices de cambio climático utilizando los datos de las variables meteorológicas de los últimos 30 años del departamento de Huánuco”

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN
INGENIERÍA, CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTORA: Barrueta Faching, Yureisse Marian

ASESOR: Vásquez Baca, Yasser

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Meteorología, hidrología y climatología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ciencias Naturales

Sub área: Ciencias de la Tierra, Ciencias Ambientales

Disciplina: Investigación climática

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Maestra en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código del Programa: P26

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71314565

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42108318

Grado/Título: Máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-7136-697X

H

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Campos Rios, Bertha Lucila	Magister en educación gestión y planeamiento educativo	19939411	0000-0002-5662-554X
2	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
3	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405



ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

En la ciudad universitaria de la esperanza, siendo las 12:00 horas del día lunes 07 del mes de agosto del año dos mil veintitrés, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento a lo señalado en el reglamento de grados de Maestría y Doctorado de la Universidad de Huánuco, se reunió el jurado calificador integrado por los docentes:

- Mg. BERTHA LUCILA CAMPOS RIOS
- Mg. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
- Mg. FRANK ERICK CÁMARA LLANOS

Nombrados mediante RESOLUCIÓN N° 577-2022-D-EPG-UDH; para evaluar la tesis intitulada **"USO DE R CLIMDEX PARA DETERMINAR LOS ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO UTILIZANDO LOS DATOS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS DE LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO"**, Presentado por el Bach. **BARRUETA FACHING, Yureisse Marian** para optar el Grado de Maestro en Ingeniería, con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Dicho acto de sustentación se desarrolla en dos etapas: exposición y absolución de preguntas procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros de jurado.

Habiéndose absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias procedieron a deliberar y calificar, declarándolo **..APROBADO..** por **..UNANIMIDAD..** con calificativo cuantitativo de **...1.7...** y cualitativo de **..MUY BUENO..**

Siendo las **12:00** horas del día lunes 07 del mes de agosto del año dos mil veintitrés, los miembros del jurado calificador firman la presente acta en señal de conformidad.

—
Presidente

Mg. Bertha Lucila Campos Rios

COD. ORCID: 0000-0002-5662-554X

DNI: 19939411

—
Secretario

Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas

COD. ORCID: 0000-0001-7920-1304

DNI: 40895876

—
Vocal

Mg. Frank Erick Cámara Llanos

COD. ORCID: 0000-0001-9180-7405

DNI: 44287920



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **YASSER VÁSQUEZ BACA**, asesor(a) del **Programa de Posgrado de la Facultad de Ingeniería** y designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 156-2021-D-FI-UDH del 07 de junio de 2021**; del bachiller **BARRUETA FACHING, YUREISSE MARIAN**, de la investigación titulada **“USO DE R CLIMDEX PARA DETERMINAR LOS INDICES DE CAMBIO CLIMATICO UTILIZANDO LOS DATOS DE LAS VARIABLES METEOROLOGICAS DE LOS ULTIMOS 30 AÑOS DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 14 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 11 de noviembre de 2023

Vásquez Baca Yasser
DNI N° 42108318
Código Orcid N° 0000-0002-7136-697X

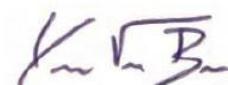
"Uso de R Climdex para determinar los índices de cambio climático utilizando los datos de las variables meteorológicas de los últimos 30 años del departamento de Huánuco"

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	14%	4%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	www.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	biblioteca.uajms.edu.bo Fuente de Internet	1%
6	www.ujaen.es Fuente de Internet	1%
7	issuu.com Fuente de Internet	1%
8	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%



DEDICATORIA

A Dios por la vida y salud. A mi señora madre Gloria por su apoyo su ejemplo y dedicación. A mi esposo Christian por ser mi compañero de vida y a mi hija Antonella por ser el motivo más grande para vivir

AGRADECIMIENTO

Mi reconocimiento y gratitud a la Escuela de Posgrado de la Universidad De Huánuco, por brindarme los conocimientos académicos que permitieron fortalecer y guiar mi vida profesional.

A cada uno de los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad De Huánuco por sus conocimientos y experiencias profesionales brindadas a través de cada clase.

A mi asesor el Mg. Yasser . Vásquez Baca , quien con su experiencia y gran calidad humana me guio a través del proceso de esta investigación.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), por permitirme ser miembro de una institución técnica científica que fomenta la investigación y el desarrollo profesional.

Por último, quiero agradecer a mis hermanos Harlem, Heleen y Poychi quienes con el apoyo y el ejemplo me permiten día a día seguir mejorando como profesional y persona.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	20
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	20
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4 TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPITULO II.....	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.1.1 ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL	23
2.1.2 ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL	24
2.1.3 ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL.....	24
2.2 BASES TEÓRICAS	25
2.2.1 MARCO NORMATIVO.....	25

2.2.2 CLIMA	27
2.2.3 TIEMPO	29
2.2.4 ATMÓSFERA.....	29
2.2.5 TIPOS DE CONTAMINANTES	31
2.2.6 GASES DE EFECTO INVERNADERO	31
2.2.7 CAMBIO CLIMÁTICO	32
2.2.8 ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO RECOMENDADOS POR LA ECTCCDI.....	36
2.2.9 CLIMDEX	39
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	41
2.4 HIPÓTESIS	43
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	43
2.5 SISTEMA DE VARIABLES.....	44
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE	44
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	44
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES).....	45
CAPITULO III.....	47
MARCO METODOLÓGICO.....	47
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1 ENFOQUE	47
3.1.2 ALCANCE O NIVELES	47
3.1.3 DISEÑO	47
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
3.2.1 POBLACIÓN	48
3.2.2 MUESTRA	48
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS...	48

3.3.1 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.3.2 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	49
CAPITULO IV.....	51
RESULTADOS.....	51
4.1 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	51
4.1.1 ANÁLISIS DE CALIDAD DATOS E IDENTIFICACIÓN DE OUTLIERS	51
4.1.2 DETERMINACIÓN DE LA CLIMATOLOGÍA.....	67
4.1.3 ANÁLISIS CLIMDEX.....	96
4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	144
4.2.1 PRUEBA SOBRE TODOS LOS COEFICIENTES	145
4.2.2 INTERPRETACIÓN	167
CAPITULO V.....	168
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	168
CONCLUSIONES	178
RECOMENDACIONES.....	182
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	183
ANEXOS.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Concentración y ciclos globales de gases atmosféricos	31
Tabla 2 ICC relacionados con el aumento de temperatura	36
Tabla 3 ICC relacionados con las anomalías de la precipitación	38
Tabla 4 Operacionalización de variables	45
Tabla 5 Variabilidad Total – CDD	146
Tabla 6 Variabilidad Total – CWD	147
Tabla 7 Variabilidad Total – DTR	148
Tabla 8 Variabilidad Total – PRCPTOT	149
Tabla 9 Variabilidad Total – R10mm	150
Tabla 10 Variabilidad Total – R20mm	151
Tabla 11 Variabilidad Total – R25mm	152
Tabla 12 Variabilidad Total – R95p	153
Tabla 13 Variabilidad Total – R95p	154
Tabla 14 Variabilidad Total – RX1day	155
Tabla 15 Variabilidad Total – RX5day	156
Tabla 16 Variabilidad Total – SDII	157
Tabla 17 Variabilidad Total – SU25	158
Tabla 18 Variabilidad Total – TN10p	159
Tabla 19 Variabilidad Total – TNN	160
Tabla 20 Variabilidad Total – TNX	161
Tabla 21 Variabilidad Total – TX10P	162
Tabla 22 Variabilidad Total – TX90P	163
Tabla 23 Variabilidad Total – TR20	164
Tabla 24 Variabilidad Total – TXX	165
Tabla 25 Variabilidad Total – WSDI	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Caracterización de precipitaciones en el Perú	29
Figura 2 Estructura térmica vertical de la atmósfera	30
Figura 3 Pronóstico climático de la Variación de Temperaturas Máximas para el 2030	34
Figura 4 Pronóstico climático de la Variación de Temperaturas Mínimas para el 2030	34
Figura 5 Pronóstico climático de la Variación de Precipitaciones para el 2030	35
Figura 6 CO. Aucayacu – Análisis Temporal	54
Figura 7 CO. Canchan – Análisis Temporal	55
Figura 8 CO. Carpish - Análisis Temporal	56
Figura 9 CO. Chaglla – Análisis Temporal	57
Figura 10 CO. Dos de Mayo – Análisis Temporal	58
Figura 11 CO. Huánuco– Análisis Temporal	59
Figura 12 CO. Jacas Chico – Análisis Temporal	60
Figura 13 CO. La Divisoria– Análisis Temporal	61
Figura 14 CO. Puerto Inca – Análisis Temporal.....	62
Figura 15 CO. San Rafael – Análisis Temporal	63
Figura 16 CO. Tingo María – Análisis Temporal	64
Figura 17 CO. Tournavista – Análisis Temporal	65
Figura 18 CO. Tulumayo – Análisis Temporal	66
Figura 19 CO. Aucayacu – Normales Climatológicas	70
Figura 20 CO. Canchan – Normales Climatológicas	72
Figura 21 CO. Carpish – Normales Climatológicas	74
Figura 22 CO. Chaglla – Normales Climatológicas.....	76
Figura 23 CO. Dos de Mayo – Normales Climatológicas	78

Figura 24 CO. Huánuco – Normales Climatológicas	80
Figura 25 CO. Jacas Chico – Normales Climatológicas	82
Figura 26 CO. La Divisoria – Normales Climatológicas	84
Figura 27 CO. Puerto Inca – Normales Climatológicas	86
Figura 28 CO. San Rafael – Normales Climatológicas	88
Figura 29 CO. Tingo María – Normales Climatológicas	90
Figura 30 CO. Tournavista – Normales Climatológicas	92
Figura 31 CO. Tulumayo – Normales Climatológicas	94
Figura 32 Interfaz RClimdex	96
Figura 33 Estación Aucayacu – CWD	98
Figura 34 Estación Aucayacu – DTR	99
Figura 35 Estación Aucayacu –PRCPTOT	99
Figura 36 Estación Aucayacu- R10 mm	100
Figura 37 Estación Aucayacu –R20 mm	100
Figura 38 Estación Aucayacu –R 25 mm	101
Figura 39 Estación Aucayacu – RX1day	101
Figura 40 Estación Aucayacu – RX5day	102
Figura 41 Estación Canchan – CWD	102
Figura 42 Estación Canchan – DTR	103
Figura 43 Estación Canchan – PRCPTOT	103
Figura 44 Estación Canchan – R10 mm	104
Figura 45 Estación Canchan – R95p	104
Figura 46 Estación Canchan– SDII	105
Figura 47 Estación Canchan– SU25	105
Figura 48 Estación Canchan – TN10p	106
Figura 49 Estación Canchan – TNN	106
Figura 50 Estación Canchan –TNX	107

Figura 51 Estación Canchan –TX10p	107
Figura 52 Estación Canchan –TX90p	108
Figura 53 Estación Canchan – TXX	108
Figura 54 Estación Canchan – WSDI	109
Figura 55 Estación Chaglla – DTR	109
Figura 56 Estación Chaglla – PRCPTOT	110
Figura 57 Estación Chaglla – R10 mm	110
Figura 58 Estación Chaglla – R20 mm	111
Figura 59 Estación Chaglla – RX5day	111
Figura 60 Estación Chaglla - SDII	112
Figura 61 Estación Chaglla – TNN	112
Figura 62 Estación Chaglla –TXX	113
Figura 63 Estación Dos de Mayo - CWD	113
Figura 64 Estación Dos de Mayo – SDII	114
Figura 65 Estación Dos de Mayo – TX10p	114
Figura 66 Estación Huánuco –DTR	115
Figura 67 Estación Huánuco – PRCPTOT	115
Figura 68 Estación Huánuco –R10 mm	116
Figura 69 Estación Huánuco – Días muy lluviosos (R95p)	116
Figura 70 Estación Huánuco – TNX	117
Figura 71 Estación Huánuco – TXX	117
Figura 72 Estación Jacas Chico – CDD	118
Figura 73 Estación Jacas Chico – DTR	118
Figura 74 Estación Jacas Chico – PRCPTOT	119
Figura 75 Estación Jacas Chico – R10 mm	119
Figura 76 Estación Jacas Chico –R20 mm	120
Figura 77 Estación Jacas Chico –R25 mm	120

Figura 78 Estación Jacas Chico –R95p	121
Figura 79 Estación Jacas Chico – R99p	121
Figura 80 Estación Jacas Chico – RX1day	122
Figura 81 Estación Jacas Chico – RX5day	122
Figura 82 Estación Jacas Chico – TNX	123
Figura 83 Estación La Divisoria –CWD	123
Figura 84 Estación La Divisoria – DTR	124
Figura 85 Estación La Divisoria – PRCPTOT	124
Figura 86 Estación La Divisoria – R95p	125
Figura 87 Estación La Divisoria – R99p	125
Figura 88 Estación La Divisoria - RX1day	126
Figura 89 Estación La Divisoria – SDII	126
Figura 90 Estación La Divisoria – SU25	127
Figura 91 Estación La Divisoria – TX90p	127
Figura 92 Estación Puerto Inca –CWD	128
Figura 93 Estación Puerto Inca – PRCPTOT	128
Figura 94 Estación Puerto Inca - R10 mm	129
Figura 95 Estación Puerto Inca –R20 mm	129
Figura 96 Estación Puerto Inca – R 25 mm	130
Figura 97 Estación Puerto Inca – RX1day	130
Figura 98 Estación Puerto Inca – RX5day	131
Figura 99 Estación San Rafael – CDD	131
Figura 100 Estación San Rafael – DTR	132
Figura 101 Estación San Rafael – PRCPTOT	132
Figura 102 Estación San Rafael – R10 mm	133
Figura 103 Estación San Rafael –R20 mm	133
Figura 104 Estación San Rafael – SU25	134

Figura 105 Estación San Rafael –TXX	134
Figura 106 Estación Tingo María –CWD	135
Figura 107 Estación Tingo María – DTR	135
Figura 108 Estación Tingo María –SDII	136
Figura 109 Estación Tingo María – TNN	136
Figura 110 Estación Tingo María –TNX.....	137
Figura 111 Estación Tingo María –TR20	137
Figura 112 Estación Tingo María – TXX	138
Figura 113 Estación Tournavista –CWD	138
Figura 114 Estación Tournavista –SDII	139
Figura 115 Estación Tournavista – TR20	139
Figura 116 Estación Tulumayo – CDD	140
Figura 117 Estación Tulumayo – PRCPTOT	140
Figura 118 Estación Tulumayo – R10 mm	141
Figura 119 Estación Tulumayo – R20 mm	141
Figura 120 Estación Tulumayo –R25mm	142
Figura 121 Estación Tulumayo – SDII	142
Figura 122 Estación Tulumayo –TNX	143
Figura 123 Estación Tulumayo – TR20	143
Figura 124 Estación Tulumayo – TXX	144

RESUMEN

La presente investigación titulada “USO DE R CLIMDEX PARA DETERMINAR LOS INDICES DE CAMBIO CLIMATICO UTILIZANDO LOS DATOS DE LAS VARIABLES METEOROLOGICAS DE LOS ULTIMOS 30 AÑOS DEL DEPARTAMENTO DE HUANUCO”; tiene como finalidad consolidar información sobre el impacto del cambio climático dentro de la departamento, la cual servirá como base en la toma de decisiones y la elaboración de planes, herramientas y estrategias de mitigación y adaptación frente al cambio climático, a través de la determinación de indicadores, lo que nos permitirá determinar si realmente existe una variabilidad en los elementos del clima a través del tiempo, así como identificar aquellos de mayor impacto. Para lograr ello se plantea como objetivo general determinar los indicadores de cambio climático con la ayuda del software R CLIMDEX utilizando los datos Meteorológicos de los últimos 30 años de las 13 estaciones convencionales del departamento de Huánuco.

En ese sentido inicialmente se debe determinar si las variables Meteorológicas generadas por las estaciones convencionales del departamento de Huánuco en los últimos 30 años, corresponden a datos confiables a través del análisis temporal donde se identifican outsiders y periodos no aplicables del modelo, así como el análisis de la climatología para identificar correctamente la regionalización de la zona para la posterior comparación. Posteriormente, se procede a aplicar el modelo matemático R CLIMDEX para el análisis de series históricas de información de precipitación y de las temperaturas extremas diarias (mínima y máxima). De esta manera se determinó los principales indicadores de cambio climático recomendados por ETCCDI.

Finalmente se concluyó que los indicadores demuestran un cambio progresivo o una alteración de las variables climáticas que demuestran el cambio climático en el departamento de Huánuco. Siendo los de mayor impacto los indicadores relacionados con las variaciones en los acumulados de lluvia (PRCPTOT - Acumulado diario de precipitación) e intensidades de

precipitaciones (RX10mm - cantidad de días con precipitación mayor a 10 mm) en gran parte de las estaciones analizadas, las cuales se muestran significativas y con tendencia al incremento a través de los años, tal y como menciona el IPCC.

En cuanto a la variación climática con referencia a las Temperaturas, los mayores impactos están relacionados con el incremento en cuanto al valor máximo mensual de temperaturas mínimas (TNx) y temperaturas máximas (TXx).

Palabras clave: Cambio Climático, Variables meteorológicas, índices de cambio climático, impacto, Temperatura.

ABSTRACT

The present research entitled "USE OF R CLIMDEX TO DETERMINE INDICES OF CLIMATE CHANGE USING DATA FROM THE METEOROLOGICAL VARIABLES OF THE LAST 30 YEARS IN THE DEPARTMENT OF HUANUCO"; The purpose of this study is to consolidate information on the impact of climate change within the department, which will serve as a basis for decision making and the development of plans, tools and strategies for mitigation and adaptation to climate change, through the determination of indicators, which will allow us to determine if there really is variability in the elements of climate over time, as well as to identify those with the greatest impact. To achieve this, the general objective is to determine climate change indicators with the help of R CLIMDEX software using meteorological data from the last 30 years from the 13 meteorological stations in the department of Huánuco.

In this sense, we must initially determine whether the meteorological variables generated by meteorological stations in the department of Huánuco over the last 30 years correspond to reliable data through a temporal analysis where outsiders and periods not applicable to the model are identified, as well as the analysis of climatology to correctly identify the regionalization of the area for subsequent analysis and comparison. Subsequently, the mathematical model R CLIMDEX was applied for the analysis of historical series of precipitation information and extreme daily temperatures (minimum and maximum). In this way, the main climate change indicators recommended by ETCCDI were determined.

Finally, it was concluded that the indicators show a progressive change or alteration of the climatic variables that demonstrate climate change in the department of Huánuco. The indicators related to variations in rainfall accumulation (PRCPTOT - daily accumulated precipitation) and precipitation intensity (RX10 mm - number of days with precipitation over 10 mm) in most

of the analyzed stations have the greatest impact, which are significant and show an increasing trend over the years, as mentioned by the IPCC.

Regarding climatic variation with reference to temperatures, the greatest impacts are related to the increase in the maximum monthly value of minimum temperatures (TNx) and maximum temperatures (TXx).

Keywords. Climate Change, Meteorological variables, climate change indices, impact, Temperature.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los efectos del cambio climático en el mundo son cada vez más visibles y van desfasando la categoría de hipótesis y lo van posicionando como una realidad próxima; esto, el apoyo de convenciones y entes internacionales, han impulsado la promulgación de leyes y normas referidas al cambio climático, para respaldar la elaboración de planes y estrategias de mitigación y adaptación frente al cambio climático de manera nacional y regional, sin embargo, no se puede elaborar procedimientos sin conocer cuáles han sido los cambios ocurridos en el clima a lo largo de los años en las tres regiones que abarcan el departamento de Huánuco (Sierra, selva baja y selva alta); frente ello se realizó la presente investigación denominada “uso de R climdex para determinar los índices de cambio climático utilizando los datos de las variables meteorológicas de los últimos 30 años del departamento de Huánuco”; con el propósito de consolidar una fuente de información sobre el impacto del cambio climático dentro del departamento, así como, una herramienta regional para la toma de decisiones y la elaboración de planes, herramientas, estrategias de mitigación y adaptación frente al cambio climático a nivel regional; asimismo, ello nos permitirá preservar flora y fauna, así como, garantizar la calidad de vida de los pobladores, reforzar los planes de prevención y respuesta ante desastres.

La presente investigación científica, a través, de sus seis capítulos analiza la variación climática del departamento central del Perú, específicamente en el departamento de Huánuco, a través, de modelos globales recomendados por las instancias especializadas en el tema, esto con fines de establecer una línea base o un diagnostico climatológico actual para generar escenarios futuros. Se determina como periodo de evaluación los últimos 30 años, sin ignorar periodos anteriores en caso de que las estaciones convencionales posean data.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Cambio Climático se convirtió en uno de los temas más polémicos en las últimas décadas, no solo por las consecuencias catastróficas que podría ocasionar; incremento en el número de eventos extremos tales como lluvias torrenciales, inundaciones, olas de calor, sequías, tsunamis entre otros fenómenos que ponen en riesgo la supervivencia de la humanidad en la tierra; sino también sus causas cuya principal fuente son las actividades antropogénicas.

Paul Crutzen (2000) introduce a la comunidad científica un nuevo término “Antropoceno”, para referirse a una nueva etapa geológica, en la cual nos encontraríamos actualmente, producto del impacto de las actividades humanas al planeta en conjunto.

Uno de los componentes planetarios más impactados por las actividades antropogénicas es la atmósfera, fundamentalmente por las emisiones de gases que causan el efecto invernadero principalmente de origen industrial, lo cual es una de las grandes preocupaciones más grandes de la comunidad científica, principalmente debido a que la atmósfera es el factor determinante del clima favorable para la existencia de vida en la tierra, pequeñas alteraciones en su composición constituyen grandes cambios en el balance termodinámico en la tierra.

Serrano (2012), define el cambio climático como cambios permanentes y significativos en la historia del clima en diferentes escalas espaciales que son reflejados en diversos parámetros meteorológicos. Dichas variaciones climáticas se manifiestan en el aumento de las temperaturas globales, cambios en los patrones de precipitación y fenómenos meteorológicos extremos, reducción de la criosfera y aumento del nivel del mar (IPCC, 2013). Lo cual constituye un problema global que no está ceñido a límites territoriales, ni políticos, y sugiere la necesidad de ser analizado en cada

ámbito con el fin de garantizar el bienestar de poblaciones futuras y preservar los activos ambientales.

La ciudad de Huánuco es conocida como la “ciudad de eterna primavera”, título ganado por sus características climatológicas muy bien acomodadas geográficamente, sin embargo, no existen antecedentes sobre el estudio de la variación de estas características a lo largo del tiempo y que podrían ser resultado del efecto de las actividades antropogénicas a escala sinóptica.

El propósito principal de la presente investigación es presentar un análisis estadístico de la variabilidad de datos meteorológicos que determinarán el cambio climático evidenciado en el departamento Huánuco, el cual simbolizará una herramienta fundamental para argumentar la necesidad de transformar el estilo de desarrollo económico actual y las medidas para mitigar impactos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La interrogante principal de la presente investigación es: ¿El modelo matemático R CLIMDEX permitirá determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas generados en las estaciones convencionales del departamento de Huánuco de los últimos 30 años?

El análisis de los datos meteorológicos de temperatura máxima, mínima y precipitación a través de una metodología que permite el estudio de variables de eventos extremos aprobados por el ETCCDI, permitirá estimar una variabilidad en los últimos treinta años constituyendo una evidencia del cambio climático en el departamento de Huánuco.

El presente estudio, nos permitirá determinar localmente y cuantitativamente las alteraciones presentadas en las variables meteorológicas productos del fenómeno mundial conocido como cambio climático.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿El modelo matemático R CLIMDEX permitirá determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE1. - ¿El modelo matemático R CLIMDEX es efectivo para el análisis de las variables Meteorológicas generadas por las estaciones convencionales del departamento de Huánuco en los últimos 30 años?

PE2. - ¿Se puede determinar los principales indicadores de cambio climático recomendados por ETCCDI a través de la utilización del modelo matemático R CLIMDEX en las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco?.

PE3. - ¿Los indicadores hallados muestran un cambio progresivo o una alteración de las variables climáticas en la departamento Huánuco durante los últimos 30 años?.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los indicadores de cambio climático a través del uso del programa R CLIMDEX utilizando los datos de las Variables Meteorológicas las 13 estaciones convencionales del departamento de Huánuco en los últimos 30 años.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1. - Determinar si el modelo matemático R CLIMDEX es efectivo para el análisis de las variables Meteorológicas generadas por las estaciones convencionales del departamento de Huánuco en los últimos 30 años.

OE2.- Aplicar el modelo matemático R CLIMDEX para el análisis de las tendencias históricas de precipitación acumulada diaria y temperatura extrema diaria (mínima y máxima), de los últimos 30 años en el departamento Huánuco

OE3.- Determinar los principales indicadores de cambio climático.

OE4. - Analizar si los indicadores hallados muestran un cambio progresivo o una alteración de las variables climáticas en el departamento Huánuco durante los últimos 30 años.

1.4. TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene justificación de orden práctico, basado en la generación de un conocimiento nuevo y útil para la sociedad, el mismo que servirá como herramienta para ser utilizado como fundamento para el diseño de planes correctivos y adaptativos frente al cambio climático tanto a nivel regional como nacional.

Así mismo, su justificación recae en la búsqueda de evidenciar cambio climático progresivo en el departamento Huánuco que, constituiría ser una herramienta en la prevención y planificación de respuesta a estos eventos extremos en beneficio de la población vulnerable, en la zona por sus características climáticas, geográficas y topográficas se tratarían de friajes, heladas, precipitaciones extremas, incremento de velocidad de viento e incremento de temperatura. Así mismo la medida se extendería a los desastres naturales ligados a los eventos extremos.

Por otro lado, los factores climáticos impactan directamente en la actividad agropecuaria, la cual simboliza la base económica de una gran parte de la población Huanuqueña, aportando el 22.5% del PBI (Producto Bruto Interno) departamental, y siendo fuente de muchos productos de la canasta básica familiar de los hogares locales y nacionales, entre los cuales podemos discernir, cereales (42% de la producción total), tubérculos (30% de la producción total), menestras (10% de la producción total), el cual está

destinado en un 84% al mercado interno y el 16% destinado a la industria. (GOBIERNO REGIONAL DE HUÁNUCO, 2008).

La disminución de la vulnerabilidad regional frente al cambio climático y complementar el conocimiento sobre este, permite el aprovechamiento y adaptación en diferentes sectores de la economía del país: construcción, energía, ganadería, agricultura, tráfico, turismo y medio ambiente.

Por lo antes mencionado, la presente investigación generará información importante para diversos sectores económicos y sociales, los cuales dependen de los factores climáticos en beneficio del desarrollo económico y el bienestar de la población. Así como para la elaboración de planes de prevención frente a eventos extremos y programas de adaptación frente al cambio climático.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

Andrango (2018). A través de su investigación “Determinación de la variabilidad climática mediante la aplicación de índices de cambio climático en el centro norte de la departamento interandina en el Ecuador”, donde se tuvo como objetivo analizar el comportamiento diario de las precipitaciones y las temperaturas en el Ecuador durante entre los años 1965 – 2015, utilizando las estaciones meteorológicas del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), utilizando el programa R climdex calculando tendencias, a través de regresión lineal de mínimos cuadrados, para lo cual se determinaron 24 índices de cambio climático, como conclusión se determinó una variación en la tendencia de los índices con respecto a la temperatura y precipitación a partir de los años 1990, además de diferencias entre las regiones sur y norte, anteriormente vistas como homogéneas.

Elías et al. (2017). Desarrollaron el artículo científico en la Universidad del Valle, Cali Valle - Colombia “Tendencia espacial y temporal de eventos climáticos extremos en el valle geográfico del río Cauca” cuyo propósito se basó en describir las tendencias temporales y espaciales de la temperatura y precipitación en relación con los eventos extremos en el valle del río Cauca. Para ello se analizó la tendencia no paramétrica de eventos climáticos extremos. A través del análisis de 24 estaciones convencionales en el valle del río Cauca, cuyos resultados permiten determinar una tendencia creciente en los indicadores de clima a partir de un análisis regional de temperatura y precipitación.

2.1.2. ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL

López (2018). Estudió los “Indicadores Del Cambio Climático en los Distritos de Jenaro Herrera y Requena, utilizando información satelital entre los años 1960 y 2015”, el objetivo de la investigación fue aplicar indicadores de cambio climático para las regiones de Jenaro Herrera y Requena, se desarrollaron 25 indicadores climáticos para la provincia de Requena, utilizando las estaciones convencionales Requena y Jenaro Herrera, basados en las variables de temperatura y precipitación permitiendo identificar las variaciones climáticas durante el periodo de análisis (55 años); como resultados de la investigación se determinó cuatro indicadores de precipitación y ocho indicadores de temperatura, todos ellos significativos para determinar cambio climático.

2.1.3. ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL

Lale (2008), desarrolló la investigación “Tendencias de la temperatura, precipitación y humedad relativa en Tingo María para el periodo 1940-2007”, el objetivo del estudio fue determinar el comportamiento y tendencias de la precipitación, temperatura y humedad relativa entre los años 1940 y 2007 en Tingo María, así como determinar el clima de la zona durante el período de análisis para determinar la tendencia a largo plazo, se utilizó el Modelo de Corrección de Errores según la prueba mejorada de Dickey Fuller, como resultados de la investigación se determinó las siguientes anomalías: temperatura mínima entre -4.06°C a 1.84°C , temperatura máxima rangos entre -3.41°C a 3.54°C , precipitación entre -94.2 mm. a 182.6 mm, y humedad relativa entre -23% a 12% .

Acuña et al. (2013), a través de la Dirección General de Meteorología del SENAMHI desarrollaron la investigación “Evaluación de los modelos climatológicos del IPCC (CMIP5) en el Perú: Proyecciones al año 2030 en la Departamento Huánuco”, el objetivo de la investigación fue obtener información importante del clima de la Departamento Huánuco, para entre los años 1965-2012, así mismo,

se muestran aproximaciones de los modelos climatológicos del IPCC (CMIP5) para generar escenarios climáticos para 2030, bajo un escenario de alta emisión de gases, como resultados de la investigación en Tingo María se determinó disminución en la intensidad diaria de precipitación anual (SDII). No obstante, se determinó que la tasa promedio de precipitación acumulada anual (PRCPTOT) aumentó en 2.5 mm/día/año, además, los episodios lluviosos son más frecuentes, mostrándose de corta duración y menos intensos, así mismo, se presentan días consecutivos secos más frecuentemente. En cuanto a temperaturas, Huánuco y Tingo María evidencian incremento en temperaturas extremas anuales en entre 0.15 - 0.25°C/década, es decir que, en 50 años se ha incrementado entre 0.75°C - 1.25°C.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MARCO NORMATIVO

Ley N° 30754, Ley Marco Sobre Cambio Climático.

- **Artículo 2.- Principios**

De acuerdo con el Principio de prevención, señalado en el inciso 2.8; El Perú impulsa políticas y acciones encaminadas a la prevención, vigilancia y la disminución de riesgos e impactos del cambio climático. Asimismo, cuando las causas no puedan eliminarse, se deben implementar medidas de mitigación y adaptación adecuadas en beneficio de la salud, la vida de las personas, y la protección del ambiente.

- **Artículo 6- Autoridad Nacional**

De acuerdo con el inciso 6.6; El Ministerio del Ambiente es responsable de la promoción y la elaboración de la investigación científica, así como el desarrollo de la tecnología para adoptar medidas para mitigar y enfrentar el cambio climático, a través, de sus entidades adscritas y especializadas, teniendo en cuenta los conocimientos de los pueblos originarios e indígenas.

- **Artículo 7- Autoridades Sectoriales**

De acuerdo con el inciso 7.5; Los ministerios y sus organismos adscritos, son responsables de promover estudios integrados de vulnerabilidad y adaptación para identificar áreas vulnerables e investigar y desarrollar tecnologías para la mitigación y adaptación al cambio climático, tomando en cuenta los conocimientos de los pueblos indígenas.

- **Artículo 19- Investigación, tecnología e innovación**

De acuerdo con el inciso 19.1; Los organismos públicos responsables de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación son responsables de la creación y gestión del conocimiento científico sobre cambio climático y la conservación de la biodiversidad.

De acuerdo con el inciso 19.2; Los centros de investigación, como las universidades son las encargadas de promover y realizar desarrollo tecnológico, investigación científica e innovación en materia de cambio climático, con un enfoque bilingüe e intercultural.

- **D.S. 011-2015-MINAM – “Estrategia Nacional ante el Cambio Climático”**

El documento que rige la gestión del cambio climático en el Perú es la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), cuyo objetivo es “reducir los impactos adversos al cambio climático, a través de estudios integrados de vulnerabilidad y adaptación que identificarán zonas y/o sectores vulnerables en el país. Controlar las emisiones de contaminantes locales y los GEI, a través de programas de energías renovables y de eficiencia energética en los diversos sectores productivos” (Ministerio del ambiente [MINAM], 2015).

La ENCC ha identificado once estrategias de acción para sentar las bases en las políticas y acciones referidas al cambio climático en el país. Las organizaciones involucradas en el desarrollo de la Estrategia han identificado áreas de acción que se alinean con sus prioridades. En particular, la máxima prioridad es impulsar el desarrollo de

investigación tecnológica, científica, económica, y social sobre la sensibilidad, mitigación y adaptación frente al cambio climático. (MINAM, 2015).

Comisión Nacional de Cambio Climático

- La Comisión Nacional de Cambio Climático fue creada el 19 de noviembre de 1993, por la Resolución Suprema 359-93-RE, precedida por el Consejo Nacional del Ambiente (antecesor del MINAM) por la Resolución Suprema 085-96-RE en 1996. La misma que fue reactivada por el Decreto Supremo 006-2009-MINAM, determinando su funcionamiento por las disposiciones del Decreto Legislativo N° 1013 de creación del MINAM.
- La CNCC posee como misión dar seguimiento a los distintos sectores públicos y privados interesados en el tema, basados en la Convención Marco de Cambio Climático, además de desarrollar y promover una Estrategia Nacional de Cambio Climático, la cual guiará e informará sobre planes, estrategias y proyectos de desarrollo nacional, sectorial y regional en este sentido. (Milano, 2020).

2.2.2. CLIMA

Podemos definir al clima como un conjunto de características meteorológicas (temperatura, precipitaciones, velocidad y dirección de viento, etc.) que suelen caracterizar una zona determinada, durante un período de tiempo determinado. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define 30 años como el período para establecer los parámetros típicos que delimita un clima.

2.2.2.1. ELEMENTOS DEL CLIMA

Son características, condiciones y variables atmosféricas como la temperatura y precipitación en un periodo determinado.

- **TEMPERATURA ATMOSFÉRICA**

La temperatura atmosférica es una variable meteorológica que representa el calentamiento de la atmósfera debido a la radiación solar. La variabilidad de la temperatura está determinada por los siguientes factores: hora, la ubicación geográfica, estación del año, cuerpos de agua cercanos y la composición del suelo. (SENAMHI, 2013).

Temperaturas extremas

Las temperaturas extremas hacen referencia a las temperaturas ubicadas en los extremos en la curva de valores de temperatura, es decir el valor más alto registrado frecuentemente durante el día, cercana al meridiano, corresponde a la temperatura máxima y la temperatura más baja registrada durante la noche, cercana a la madrugada, corresponde a la temperatura mínima.

- **PRECIPITACIÓN**

La precipitación se define como partículas líquidas que se forman en la atmósfera y precipitan a la superficie. En el Perú, el acumulado de lluvia es expresado en milímetros de altura, cuyas horas de medición son a las 7:00 y 19:00 horas, según la normativa de la OMM.

Precipitación extrema

Un evento de precipitación extrema se define como un evento que produce igual o más del 20% de la precipitación diaria de acuerdo a la climatología estacional en un lugar determinado. (Carvalho, 2002).

De acuerdo con el SENAMHI, las precipitaciones extremas se clasifican según el nivel, el primer nivel amarillo, se encuentra entre el percentil 90 y 95, caracterizado como Lluvioso. Seguido del nivel Naranja que se encuentra entre el percentil 95 y 99.

Finalmente, el nivel rojo, les pertenece a aquellas precipitaciones con acumulado superior al percentil 99.

Figura 1

Caracterización de precipitaciones en el Perú

	95>mm/día≥90	<i>LLUVIOSO</i>
	99>mm/día≥95	<i>MUY LLUVIOSO</i>
	mm/día≥99	<i>EXTREMADAMENTE LLUVIOSO</i>

Nota: La Figura muestra la caracterización de precipitaciones en el Perú por colores de acuerdo a la intensidad del evento. SENAMHI (2021)

2.2.3. TIEMPO

El tiempo es el estado atmosférico en un lugar e instante determinado. Los parámetros o factores están determinados por propiedades observables, a través, de instrumentación como: presión barométrica, temperatura atmosférica, humedad del aire, dirección y velocidad del viento, tipo y cantidad de precipitación, nubes (tipo y cantidad), visibilidad horizontal. Muchas de las cuales se pueden medir, mientras que otras se pueden observar a simple vista.

2.2.4. ATMÓSFERA

El clima en el planeta tierra está definido principalmente por la atmósfera, esta capa de GEI que permite que se mantengan las condiciones perfectas para el desarrollo de vida terrestre, los cuales absorben de eficazmente la radiación infrarroja, reflejada por la superficie terrestre, las nubes y por la propia atmósfera. El efecto invernadero es un proceso natural que regula la temperatura, haciendo posible el desarrollo de la vida en la tierra. Mediante el efecto invernadero, parte de la energía solar se acumula entre la atmósfera y la tierra, manteniéndola en una temperatura promedio de 15°C.

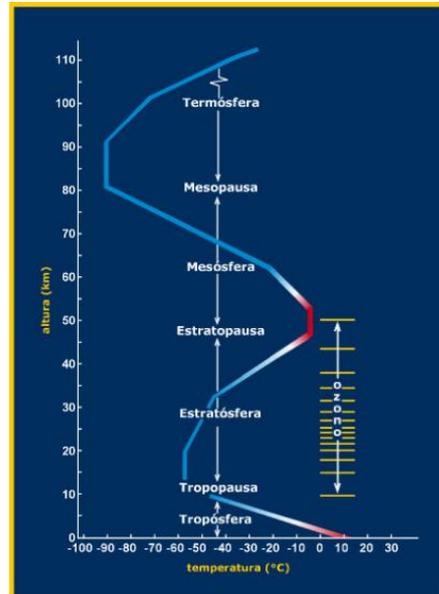
2.2.4.1. ESTRATOS DE LA ATMOSFERA

La estructura vertical de la atmosfera, se divide en estratos diferenciados entre sí por las variaciones térmicas en altura,

conocidas como estratificación térmica, el espesor de cada una de ellas varía de acuerdo a la latitud y de las circulaciones globales.

Figura 2

Estructura térmica vertical de la atmósfera



Nota: Estructura térmica vertical de la atmósfera, mostrando las diversas capas y el perfil de temperatura promedio indicado por la línea de color. Lutgens (2005)

La Figura 2 muestra de forma esquemática las distintas capas de la atmósfera, en función de cómo varía la temperatura con la altura.

2.2.4.2. COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

En la atmósfera podemos encontrar concentraciones altas de nitrógeno y oxígeno, además otros gases, en cantidades mayormente constantes. Así mismo, también existen en menores cantidades y en ocasiones variables: H₂O, CO₂, O₃, helio, neón, argón y otros.

La variación en la composición de la atmósfera debido a la inclusión de sustancias en diferentes estados se denomina contaminación. (Rojas, 2017).

Tabla 1*Concentración y ciclos globales de gases atmosféricos*

GAS	CONCENTRACIÓN MEDIA (ppm)	TIEMPO MEDIO DE RESIDENCIA
Ar	9340	-
Ne	18	-
Kr	1.1	-
Xe	0.09	-
N ₂	780840	10 años
O ₂	209460	10 años
CH ₄	1.65	7 años
CO ₂	332	15 años
CO	00.5	65 años
H ₂	0.58	10 años
N ₂ O	0.33	10 años
SO ₂	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴	40 años
NH ₃	10 ⁻⁴ -10 ⁻³	20 días
NO	10 ⁻⁶ -10 ⁻²	1 día
O ₃	10 ⁻² -10 ⁻¹	
HNO ₃	10 ⁻⁵ -10 ⁻³	1 día
H ₂ O	Variable	10 días
He	5.2	10 años

Nota: El Cuadro muestra las concentraciones y los ciclos de gases atmosféricos. Seinfeld (1998)

2.2.5. TIPOS DE CONTAMINANTES

Los contaminantes primarios son aquellos vertidos directamente a la atmósfera mientras los contaminantes secundarios se originan por reacciones químicas entre los primeros en la atmósfera. Los contaminantes secundarios más relevantes tenemos al ozono troposférico (O₃), sulfatos (SO₄), nitratos (NO₃), ácido sulfúrico (H₂SO₄), entre otros.

2.2.6. GASES DE EFECTO INVERNADERO

Según el IPCC, El efecto invernadero es el proceso por el cual la energía solar es retenida en la Tierra por la acumulación de ciertos gases, aumentando su temperatura. (Ponce, 2016).

En la tabla 1 se puede observar la presencia de gases traza o gases en concentraciones mínimas, los cuales pertenecen a este

grupo denominado Gases de Efecto Invernadero (GEI), responsable de mantener el equilibrio térmico – energético, de ello podemos deducir la sensibilidad de la atmósfera frente a las emisiones de origen antropogénico que alteran las concentraciones en condiciones naturales.

Según el Protocolo de Kioto, estos seis gases son los principales responsables del aumento de las temperaturas globales y de la alteración de los patrones climáticos. H₂O (Vapor), CO₂, CH₄, NO, fluoro carbonos halogenados (HCFCs), erfluorocarbonos (PFCs), e hidrofluorocarbonos (HFCs). Algunos autores consideran al Ozono como otro gas de efecto invernadero importante. (Román, 2016).

Según IPCC (2014), el gas de efecto invernadero más relevante emitido antropogénicamente es el dióxido de carbono (CO₂). Así mismo, se ha incrementado las concentraciones de CH₄, CO₂ y N₂O en la atmósfera debido a la actividad humana desde 1750 y hoy en día son mucho más altas que los valores antes de las industrias los cuales se determinaron a partir del análisis del núcleo del hielo acumulado durante todos estos años.

2.2.7. CAMBIO CLIMÁTICO

El IPCC define el cambio climático como un cambio en el estado del clima que resulta de cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) y persiste durante un período de tiempo, generalmente décadas o más. (IPCC, 1995). Se han identificado tres características que son: incremento gradual y generalizado de las temperaturas, cambio en la tendencia de las precipitaciones y aumento de los eventos extremos.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como una variación en los componentes químicos de la atmósfera causado por un aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI)

a escala global, principalmente como resultado de actividades antropogénicas. (IPCC, 2007 a).

La temperatura atmosférica promedio global en la superficie ha incrementado entre 0,3 y 0,6 °C en los últimos 100 años. (IPCC, 1992).

Según las proyecciones del IPCC de las Naciones Unidas, se espera que las emisiones de GEI aumenten la temperatura global promedio en al menos 0,2 °C por década, reduciendo la acumulación de hielo y nieve, así como la disminución de las precipitaciones en ecosistemas como la tundra, los bosques de pozos, las montañas, los ecosistemas mediterráneos, regiones montañosas, los manglares y las marismas. Se presume que las actividades antropogénicas ocasionaron calentamiento global de al menos 1,0 °C en relación a los niveles previos a la incursión de las industrias. (IPCC, 2019).

2.2.7.1. CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERÚ

Según el MINAM la vulnerabilidad del país se agudiza debido a los factores socioeconómicos como la pobreza y brecha social, que potencian la condición de vulnerable de la Amazonía y de los Andes, considerados ecosistemas de importancia global.

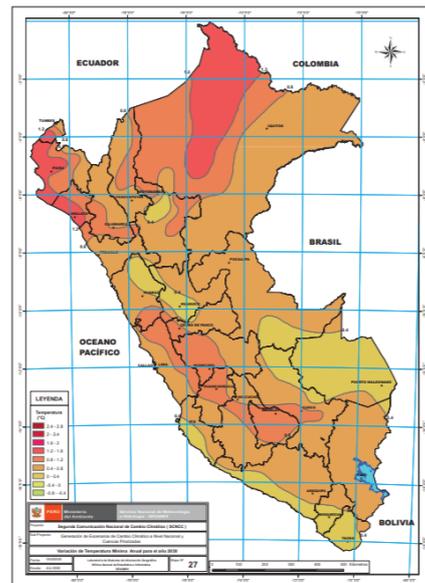
Según el análisis de las tendencias climáticas de los últimos 40 años (1965-2016) realizado por el SENAMHI, la precipitación ha aumentado en la sierra norte y costa, mientras que la precipitación disminuye en la zona norte de la selva. Las Temperaturas extremas aumentaron en 0.2°C por década en casi todo el Perú. Los períodos de sequía son más intensos que los húmedos en toda la zona. En la costa y el norte de la sierra, la intensidad y frecuencia de las precipitaciones aumenta, mientras que en la sierra central disminuye.

En general, se ha observado incremento en los días calurosos y disminución significativa en los días fríos en los

últimos 40 años. En relación a las noches frías, disminuye al mismo tiempo que aumentan las noches cálidas. Los departamentos de la sierra y selva sur presentan mayor frecuencia de periodos de sequía moderada y severa (SENAMHI, 2009).

Figura 3

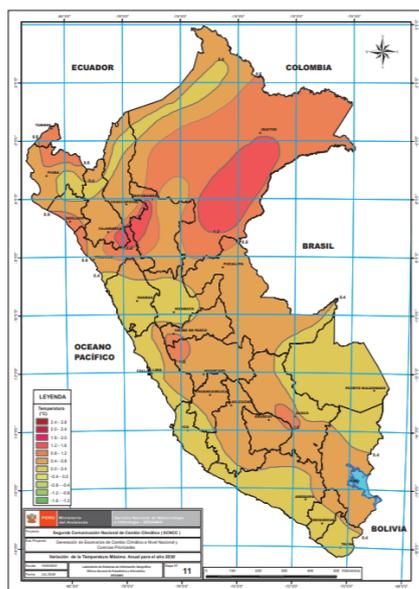
Pronóstico climático de la Variación de Temperaturas Máximas para el 2030



Nota: En la Figura 3 se observa la variación de las Temperaturas Máxima en un escenario de alta emisión de GEI (2030). SENAMHI, 2009

Figura 4

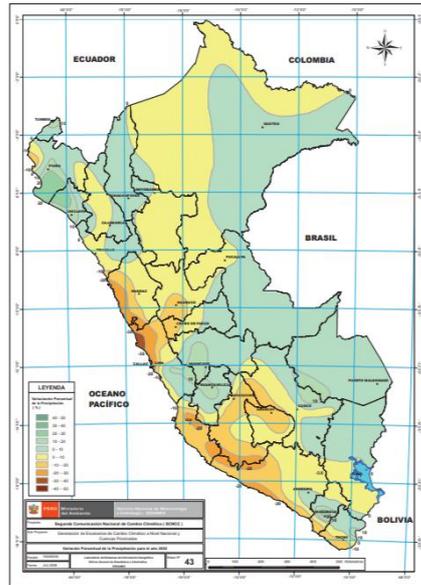
Pronóstico climático de la Variación de Temperaturas Mínimas para el 2030



Nota: En la Figura 4 se observa la variación de la Temperatura Mínima en un escenario de alta emisión de GEI (2030). SENAMHI, 2009

Figura 5

Pronóstico climático de la Variación de Precipitaciones para el 2030



Nota: En la Figura 5 se observa el porcentaje de la variación de la precipitación (2030) en un escenario de alta emisión de GEI (2030). SENAMHI, 2009

Así mismo el SENAMHI; presentó las proyecciones para el año 2030; en donde la precipitación no presentaría cambios significativos. El promedio para la década de 2030 es de +10% a -10% del clima actual. Un aumento en hasta un 20% en el norte y parte del centro de la sierra y la costa; Así como, una disminución también de hasta en un 20% en norte de la selva y parte del centro y sur de la sierra peruana.

En general, se registraría un incremento de hasta 1.6°C (0,53°C/década) en promedio en la temperatura máxima, mientras que la temperatura mínima se incrementó en hasta 1.4°C (0,47 °C/década). (SENAMHI, 2009).

De las imágenes anteriores se deduce que en el departamento de Huánuco se prevé incrementos de temperatura, en temperaturas mínimas se esperan incrementos de 0.4 a 0.8°C en la sierra, a excepción de la provincia de Lauricocha donde se esperaría incrementos de temperaturas entre 0.8 a 1.2°C, el mismo que se repetiría para la selva de Huánuco. Mientras que,

para la temperatura máxima se presentarían valores entre normales y ligeramente superiores (0 – 0.4°C) en sierra y selva alta, incrementos entre 0.4 y 0.8°C se presentarían en el norte de Marañón y Leoncio Prado, así como en selva baja del departamento de Huánuco.

En cuanto a las precipitaciones, se presentarían valores negativos que se encontrarán dentro del acumulado normal en gran parte del territorio, a excepción de las provincias de Lauricocha, Yarowilca, Ambo, Pachitea y Huánuco que presentarían anomalías entre 10 y 20% menos del valor normal, mientras que, en la provincia de Puerto Inca, selva baja de Huánuco se presentarían incrementos entre el 10 y 20% de los acumulados de lluvia. Sin embargo, estos escenarios están referidos a promedios por décadas, no están exentos de eventos extremos localizados con grandes acumulados diarios, causantes principales de desastres naturales.

2.2.8. ÍNDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO RECOMENDADOS POR LA ECTCCDI

El grupo de expertos en Indicadores y detecciones del cambio climático ha aprobado una lista de 40 indicadores. Veintisiete de ellos fueron seleccionados como indicadores básicos para analizar los eventos climáticos clasificados como extremos, considerando temperatura, precipitación diaria y valores fijos diarios. Umbrales relacionados con aplicaciones específicas. (IPCC, 1995).

Tabla 2

Índices de cambio climático relacionados con el aumento de temperatura recomendados por la ECTCCDI

Ind.	Unid.	Nombre del indicador	Definición	Cambios esperados (según IPCC,2018)
TNx	°C	Máximo de Temperatura s Mínimas	Temperatura mínima más alta registrada en el mes	Los GEI incitan al aumento en las temperaturas registrando

TR20	Días	Noches Cálidas	Número de noches al año cuando la temperatura mínima supera los 20°C.	más noches cálidas. Estos indicadores reflejan los efectos negativos potenciales por la ausencia del enfriamiento nocturno, contribuyendo con el estrés térmico.
TNN	°C	Temperatura mínima extrema	Temperatura mínima más baja registrada en el mes	
TN10p	Días	Noches frías	Porcentaje de días cuando la temperatura nocturna menor al percentil 10	Las variaciones en las temperaturas diarias extremas corresponden al calentamiento progresivo. Los registros de las regiones con latitudes medias muestran disminución en el número de días con heladas meteorológicos y días fríos Extremos (días y noches 10% más fríos).
TXx	°C	Máximo de Temperaturas Máximas	Temperatura máxima más alta registrada en el mes	Los GEI incitan al aumento de las temperaturas diurnas. Lo que se refleja en el registro de valores más altos de heliofanía por la ausencia de cobertura nubosa.
Tx90p	%	Días cálidos	Porcentaje de días cuando la Temperatura máxima por encima del percentil 90.	
WSDI	Días	Duración de periodos cálidos	Número de eventos donde las temperaturas máximas superan percentil 90 (>6 días)	
SU 25	Días	Días de Verano	Número de días al año cuando la temperatura máxima	

supera los 25°C				
Tx10p	Días	Días fríos	Porcentaje de días cuando la Temperatura máxima es inferior al percentil 10	Se espera la reducción de la cantidad de días fríos extremos (días y noches 10% más fríos)
DTR	°C	Rango de temperatura Diurna extrema Interanual.	Diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas para cada año	Se espera la reducción del DTR resultado directo del aumento del calentamiento nocturno (aumento de temperaturas mínimas).

Nota: Índices de cambio climático recomendados por la ECTCCDI vinculados al incremento de temperaturas.

Tabla 3

Índices de cambio climático recomendados por la ECTCCDI relacionados con anomalías en la precipitación

Ind.	Unid	Nombre del indicador	Definición	Cambios esperados (según IPCC,2018)
CWD	Días	Días húmedos consecutivos	Máximo de días consecutivos con registro de precipitación RR>=1mm	Los GEI fuerzan un incremento de los eventos de precipitación continua.
PRCPTOT	mm	Precipitación total diaria	La cantidad diaria de precipitación calculadas por año	Los GEI intervienen en el ciclo hídrico, favoreciendo la nucleación del vapor de agua durante las precipitaciones. Así como el aumento en las temperaturas, lo que permite mayor cantidad de vapor de agua en la atmosfera, lo que generaría un incremento en los eventos de precipitaciones intensas
R95p	Días	Días muy lluviosos	Número de días con Precipitaciones por encima del percentil 95 en un año	
R99p	Días	Días extremadamente lluviosos	Precipitaciones al año que sobrepasan el percentil 99	
R10mm	Días	Días con precipitación superior a 10 mm	Cantidad de días con precipitación por encima de los 10 mm	

R20m	Días	Días con precipitación superior a 20 mm	Cantidad de Días con precipitación por encima de los 20 mm	o extremas. Los GEI fuerzan un aumento en las temperaturas generando mayor evaporación, lo que potencia las sequías.
R25m	Días	Días con precipitación superior a 25 mm	Cantidad de Días con precipitación por encima de los 25 mm	
R30m	Días	Días con precipitación sobre 30mm	Cantidad de Días con precipitación por encima de los 30 mm	
RX1 day	mm	Precipitación máxima en 1 día	El acumulado máximo diario de precipitación en un año	
RX5 day	mm	Precipitación máxima en 5 días	El acumulado máximo registrado durante 5 días de precipitación en un año	
SDII	mm/día	Índice de intensidad diaria de precipitación	Acumulado anual de precipitación dividida entre el número de días húmedos (CWD)	
CDD	Días	Número máximo de días secos consecutivos	Número de días consecutivos sin precipitación al año	

Nota: Índices de cambio climático recomendados por la ECTCCDI vinculados a las anomalías en la precipitación.

2.2.9. CLIMDEX

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) desarrolló el programa R Climdex, en diferentes plataformas de programación en R (R – Climdex), en Fortran (F- climdex) y en Excel

Climdex). Este programa es recomendado por el ECTCCDI debido a su código abierto independiente del sistema operativo, y que proporciona un paquete informativo sencillo para calcular los índices climáticos, así como para el monitoreo del cambio climático. (Santos, 2004).

Inicialmente se desarrolló Climdex en Microsoft Excel, proporcionando un paquete informático sencillo para calcular índices de que detecten cambio climático. Se desarrolló por Byron Gleason del National Climate Data Centre (NCDC) de NOAA y desde el 2001 fue usado en talleres CCI/CLIVAR sobre índices climáticos. (Benavides, 2007).

Posteriormente trasladan Climdex a un lenguaje que no dependa de un determinado sistema operativo. La Programación en R se ha utilizado como plataforma, dado que R es un software para análisis estadístico y gráficos, que puede ser ejecutado en diferentes sistemas operativos, a partir de ello surgió programa Rclimdex (1.0), el cual se diseñó para proporcionar una interfase amigable para calcular veintisiete índices de extremos climáticos recomendados por el equipo de expertos de CCI/CLIVAR para “Climate Change Detection Monitoring and Indices” (ETCCDMI).

El software Rclimdex permite analizar series históricas de datos meteorológicos y calcular índices climáticos que muestren tendencias en el comportamiento del clima a lo largo del tiempo. (Jarrín, 2016).

Funcionamiento del Modelo Rclimdex

Previamente al cálculo de los índices, los datos que se utilizarán en el Software Rclimdex, necesariamente deben pasar un control de calidad. El cuál desarrolla el siguiente procedimiento; reemplazar los datos inexistentes (codificados como -999) y los datos no razonables en un formato interno que es reconocido por el programa (NA o no disponible), así como identificar valores extremos conocidos como

“outliers” en las series diarias de temperaturas máximas y mínimas. (Santos, 2004).

Los resultados serán almacenados en formato digerible (formato Excel) y las gráficas mostrarán series anuales, acompañados de las tendencias calculadas por regresión lineal con ponderados locales y regresión lineal de mínimos cuadrados (formato JPEG). Por ejemplo pueden ser los días secos consecutivos, días lluviosos consecutivos, etc. Los cuáles serán analizados para identificar alteraciones en las variables meteorológicas en relación a los patrones normales. (Jarrin, 2016).

El funcionamiento del modelo se resume en tres pasos: La instalación de R y el establecimiento del ambiente de usuario. Seguido del control de calidad de datos climáticos diarios. Y el cálculo de los veintisiete índices básicos. (Zhang y Yang, 2004).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Clima:** Definido como el "promedio del estado del tiempo" o, más precisamente, como una descripción estadística en términos de la media y la variación de una cantidad de interés durante un período de tiempo. El período clásico es de 30 años, según lo define de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Estas cantidades son en su mayoría variables superficiales, como la temperatura, la precipitación y el viento. En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático, incluida su descripción estadística. (SENAMHI, 2005 b.).
- **Escenario de cambio climático:** Referido como una descripción lógica y simplificada del clima en el futuro, fundamentadas en las relaciones climáticas intrínsecamente coherente de relaciones climatológicas, desarrollada específicamente para su uso en el estudio de las posibles consecuencias del cambio climático inducido por el

hombre y se utiliza a menudo como ayuda para el modelamiento de su impacto. Estos escenarios climáticos se basan en las proyecciones climáticas complementados con datos del clima actual. (SENAMHI, 2005 b).

- **Evento Extremo:** El IPCC (2007 b) define a los eventos extremos a los eventos extraordinarios en un lugar y tiempo en particular. Estos deben considerarse bajo esta definición cuando se encuentren por debajo del percentil 10 o superior al percentil 90.
- **Gas de Efecto Invernadero (GEI):** Se denomina GEI al gas que absorbe radiación dentro del espectro infrarrojo en la atmósfera, como vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), ozono (O₃), fluorocarbonos halogenados (HCFCs), perfluorocarbonos (PFCs), e hidrof fluorocarbonos (HFCs). (SENAMHI, 2005 b).
- **Gestión del riesgo de desastres:** Definido como un proceso sistemático de implementación de lineamientos organizacionales y administrativos, habilidades y capacidades operativas para implementar políticas y fortalecer las capacidades de respuesta con el objetivo de reducir el impacto negativo de desastres naturales y la probabilidad de que estos ocurran. (Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2012).
- **IPCC: (Intergovernmental Panel on Climate Change):** En español el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático fue establecido en 1988, por la OMM y el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Su objetivo principal es proporcionar a la Conferencia de las Partes (COP) evaluaciones científicas, técnicas y de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (FCCC) de información científica y socioeconómica sobre el cambio climático y sus impactos. (SENAMHI, 2005b).

- **Percentil:** Utilizado para referirse a los valores extremos dentro de las distribuciones de frecuencia. En ese sentido, el percentil 10 es el valor que señala el 10% más bajo de los datos. Y el percentil 50 es igual a la mediana y el percentil 90 supera a todos los valores excepto el 10% superior. (SENAMHI, 2005 b).
- **Variabilidad climática:** Se utiliza para describir a las alteraciones en el clima en las diferentes escalas espaciales y temporales, además de los fenómenos meteorológicos como olas de calor, olas de frío, veranillos, friajes, lluvias intensas o fenómenos climáticos como las heladas, El Niño Oscilación del Sur, períodos húmedos y sequias. (SENAMHI, 2016).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H1: El modelo matemático R CLIMDEX permitirá determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco

H0: El modelo matemático R CLIMDEX no permitirá determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco.

2.5. SISTEMA DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Y = Uso del Modelo matemático R CLIMDEX para determinar los índices de cambio climático

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

X =. Variables meteorológicas registradas en los últimos 30 años del departamento de Huánuco

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 4

Operacionalización de variables

HIPOTESIS	VARIABLES	DEFINICION	DIMENSION	INDICADORES	UNID	FUENTE DE DATOS
VARIABLE INDEPENDIENTE	Variables Meteorológicas registradas los últimos 30 años	Datos registrados por instrumentos meteorológicos, cuya suma de elementos sirve para la definición del estado del tiempo o el clima cuando se almacena por un periodo largo.	Temperatura del aire	Temperatura máxima Diaria	°C	Datos registrados por las estaciones convencionales en el departamento Huánuco durante 30 años (SENAMHI)
				Temperatura mínima Diaria	°C	
			Precipitación	Acumulados diarios	mm	
VARIABLE DEPENDIENTE	Uso del modelo RCLIMDEX	Modelo matemático que calcula índices que muestran tendencias en el comportamiento del clima a lo largo del tiempo a través de series históricas.	Índices de cambio climático relacionados con el aumento en la temperatura	Porcentaje de noches cálidas	%	Software RCLIMAX
				Máximo de Temperaturas Mínimas	°C	
				Noches tropicales	Días	
				Porcentaje de días cálidos	%	
				Máximo de Temperaturas Máximas	°C	
				Rango de temperatura Diurna extrema.	°C	
				Número máximo de días secos consecutivos	Días	

Índices de cambio climático vinculados a las anomalías de precipitación	Días muy lluviosos	mm
	Días extremadamente lluviosos	mm
	Días con precipitación sobre 30mm	días

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que obtendrá información basada en datos numéricos de temperaturas máximas y mínimas; e indicadores resultados de la aplicación del software RCLIMDEX.

3.1.2. ALCANCE O NIVELES

La presente investigación se rige al ámbito regional, debido a que las estaciones convencionales de la dirección zonal 10 Huánuco, se encuentran ubicadas en las distintas provincias del departamento Huánuco, las cuales brindaran la base datos para la determinación de los indicadores de cambio climático.

Así mismo, la investigación es de nivel aplicativo, debido a que se utiliza el modelo matemático (Técnica) para analizar las variables meteorológicas de las estaciones convencionales durante los últimos 30 años, para obtener los índices de cambio climático, que nos permitiría determinar analogías en el clima de la ciudad de Huánuco.

3.1.3. DISEÑO

La presente investigación es de diseño observacional de acuerdo al propósito de estudio, debido a que observamos parámetros de la naturaleza y no es posible manipular la variable independiente para obtener otro resultado diferente. Así mismo, de acuerdo a la cronología de la investigación es de diseño retrospectivo, ya que la base de datos está conformada por información previamente monitoreada por el SENAMHI.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

De acuerdo con Tamayo (2012) “la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse (...)”; bajo esa línea sería el conjunto de datos meteorológicos (Precipitación y Temperatura) generados a través de las estaciones convencionales de la Dirección zonal 10.

3.2.2. MUESTRA

Hernández, et al. (2014), define una muestra como “un subconjunto de la población de interés sobre la cual se recopilarán datos, que debe definirse con precisión o especificarse de antemano y que debe ser representativa de esa población. En la presente investigación la muestra es no probabilística por conveniencia la cual comprende los datos climatológicos (Temperatura y Precipitación) generados a través de las estaciones climatológicas de la Dirección zonal 10 recolectados en los últimos treinta años.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos empleada para la presente investigación será el análisis de documentos, técnica descrita como el análisis del contenido de las fuentes documentales en la que se extraen los aspectos más relevantes de la información de los documentos, para ordenar, categorizar y analizar con base en la perspectiva del investigador. Es una forma de organizar y agrupar la información necesaria para redactar el informe final de la investigación realizada. (Sánchez et al., 2018).

Para el estudio se analizó la documentación comprendida en las planillas climatológicas de las estaciones convencionales de la Dirección Zonal 10 de los últimos 30 años considerada como la unidad de muestra, y

en las cuales se encuentran registrados los datos de temperaturas y precipitaciones consideradas como la unidad de análisis.

3.3.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Entre los instrumentos que se utilizó para la recolección de datos tenemos las notas de campo y registros anecdóticos donde se plasmó las observaciones encontradas durante la revisión de planillas y el análisis de los datos.

3.3.2. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de la data de las 13 estaciones convencionales de la Dirección zonal 10, se utilizó codificación en el lenguaje Phyton, a través de software Spyder Anaconda, para determinar la viabilidad y confianza de la información meteorológica, luego de este periodo podremos determinar:

- Periodos con data faltante, por paralización de estación u otros motivos (vacíos).
- Datos con valores fuera del rango de observaciones por error de digitación (temperaturas demasiado bajas o demasiado altas).
- Datos discordantes con el normal climatológico, el cual se define como la variación en los datos en un determinado periodo de tiempo.

Cuando se encuentren estas observaciones en el análisis, a través, de códigos phyton, deben ser analizadas además de determinar la fuente de error para ser corregidos.

Como instrumentos de análisis y procesamiento se empleó el software R climdex. el cual es un software de código abierto independiente del sistema operativo determinado, y que ofrece un paquete informativo sencillo para el cálculo de índices de extremos climáticos, así como para el monitoreo de cambio climático.

La Homogenización de los datos es un requisito imprescindible para la ejecución adecuada del programa. Zhang y Yang, (2004). Mediante el cual, se analizan a detalle la base de datos de cada variable meteorológico (temperaturas extremas diarias y precipitación), corroborando valores atípicos debido errores comunes durante el periodo de registro, transcripción y digitalización, así como la verificación de la serie de datos y evaluación de los datos faltantes.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

4.1.1. ANÁLISIS DE CALIDAD DATOS E IDENTIFICACIÓN DE OUTLIERS

Se analizó la data completa de las estaciones convencionales en estudio para determinar la presencia de datos atípicos (Outliers), este control de calidad nos permitirá determinar el mejor periodo para el análisis de la climatología de que cada zona.

Para lograr visualizar la distribución de los valores de cada parámetro de manera clara, se aplica un desplazamiento de los valores en los ejes x (Tiempo: años) e y (Unidad de medida: °C y mm), donde se identifican los atributos cuya dispersión represente la probabilidad de ruido (Atributos en los que se identifiquen irregularidades). Así se identifican el rango de valores en los que se presenta mayor ruido para aislarlo.

4.1.1.1. CODIFICACIÓN PHYTON PARA IDENTIFICAR OUTLIERS

En la primera parte de la codificación importamos las librerías *Pandas*, el cual nos permitirá trabajar data frame (tablas con los datos meteorológicos ordenados de acuerdo al requerimiento); *numpy* el cual nos permitirá trabajar vectores y *Matplotlib* para graficar los resultados.

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.dates as mdates
from matplotlib.dates import DateFormatter
from matplotlib.ticker import MaxNLocator
```

Importamos el archivo de Excel con los datos de las estaciones de la DZ

```
xls_datos = pd.ExcelFile("D:/Proyecto/POPI.xlsx")
datos = pd.read_excel(xls_datos, 'Hoja1', dtype={'CODIGO': str})
```

Se importó metadatos que es información necesaria de las estaciones el cuál utiliza el Código antiguo de las estaciones como referencia

```
xls_metadatos = pd.ExcelFile("D:/Proyecto/Meta_DZ1033.xlsx")
metadatos = pd.read_excel(xls_metadatos, 'Hoja1', dtype={'CODIGO_ANT': str})
metadatos = metadatos.rename(columns={'CODIGO_ANT': 'CODIGO'})
```

Unimos la data de las estaciones con los metadatos, a través, de la comuna "CODIGO". Luego se procede a ordenar.

```
datos = pd.merge(datos, metadatos[['CODIGO', 'DEPARTAMENTO',
'PROVINCIA', 'DISTRITO', 'REGION', 'LONGITUD', 'LATITUD', 'ALTITUD']], on='CODIGO', how='left')
```

Detectamos datos erróneos para luego asignar el valor de nan

```
datos = datos.replace(-99.9, np.nan)
datos = datos.replace(-999.0, np.nan)
datos = datos.replace(-888, 0.01)
datos = datos.replace('888', 0.01)
datos = datos.replace('999.0', np.nan)
```

Convertimos las columnas de fechas a una sola

```
datos = datos.rename(columns={'AÑO': 'year', 'MES': 'month', 'DIA': 'day'})
datos['FECHA'] = pd.to_datetime(datos[['year', 'month', 'day']])
```

Creamos una función para cambiar la posición de las columnas

```
def movecol(df, cols_to_move=[], ref_col="", place='After'):
    cols = df.columns.tolist()
    if place == 'After':
        seg1 = cols[:list(cols).index(ref_col) + 1]
        seg2 = cols_to_move
    if place == 'Before':
        seg1 = cols[:list(cols).index(ref_col)]
        seg2 = cols_to_move + [ref_col]
    seg1 = [i for i in seg1 if i not in seg2]
    seg3 = [i for i in cols if i not in seg1 + seg2]
    return(df[seg1 + seg2 + seg3])
```

Ordenamos las columnas de manera específica

```
datos = datos.drop(['year', 'month', 'day'], axis=1)
datos = movecol(datos,
cols_to_move=['NOMBRE', 'FECHA', 'TMAX', 'TMIN', 'PP'],
ref_col='CODIGO',
place='After')
```

Eliminamos las fechas duplicadas

```
datos = datos.drop_duplicates(subset=['CODIGO', 'FECHA'], keep='first', inplace=False)
datos = datos.reset_index(drop=True)
datos = datos.sort_values(['CODIGO', 'FECHA'], axis=0, ascending=True, inplace=False,
ignore_index=True)
```

Creamos nuevas columnas de año, mes y día

```
datos['AÑO'] = datos['FECHA'].dt.strftime("%Y").astype(int)
datos['MES'] = datos['FECHA'].dt.strftime("%m").astype(int)
datos['DIA'] = datos['FECHA'].dt.strftime("%d").astype(int)
```

Utilizamos una función para convertir cada uno de los valores de LATITUD y LONGITUD a grados, minutos y segundos

```
def decdeg2dms(dd):
    is_positive = dd >= 0
    dd = abs(dd)
    minutes, seconds = divmod(dd*3600, 60)
    degrees, minutes = divmod(minutes, 60)
    degrees = degrees if is_positive else -degrees
    value = str(int(degrees)) + '°' + str(int(minutes)) + '′' + str(round(seconds, 2)) + '″'
    return value
```

Usamos la función para reconvertir la latitud y longitud para cada una de las estaciones

```
for code, data in datos.groupby('CODIGO'):
    nombre = data['NOMBRE'].iloc[0]
    departamento = data['DEPARTAMENTO'].iloc[0]
    latitud = data['LATITUD'].apply(decdeg2dms).iloc[0]
    longitud = data['LONGITUD'].apply(decdeg2dms).iloc[0]
    altitud = data['ALTITUD'].iloc[0]
```

Finalmente Creamos los gráficos

```
fig, (ax1, ax2, ax3) = plt.subplots(3, sharex=False, sharey=False, figsize=(14, 9))
data.plot('FECHA', ['TMAX'], marker='.', alpha=0.5, linestyle=None, color='darkred', ax=ax1)
data.plot('FECHA', ['TMIN'], marker='.', alpha=0.5, linestyle=None, color='navy', ax=ax2)
data.plot('FECHA', ['PP'], marker='.', alpha=0.5, linestyle=None, color='turquoise', ax=ax3)
ax1.set_title(f'ESTACION: {nombre} + ' DEPARTAMENTO: {departamento}' + f'\nLATITUD: {latitud}'
+ f' LONGITUD: {longitud}' + ' ALTITUD: ' + str(altitud) + ' m.s.n.m.' + ' CODIGO: ' + str(code), fontsize=
14, fontweight="bold")
date_form = DateFormatter("%y")

ax1.xaxis.set_major_formatter(date_form)
ax1.xaxis.set_major_locator(mdates.YearLocator(2))
ax1.xaxis.set_tick_params(rotation=0)
ax2.xaxis.set_major_formatter(date_form)
ax2.xaxis.set_major_locator(mdates.YearLocator(2))
ax2.xaxis.set_tick_params(rotation=0)
ax3.xaxis.set_major_formatter(date_form)
ax3.xaxis.set_major_locator(mdates.YearLocator(2))
ax3.xaxis.set_tick_params(rotation=0)

ax1.set_ylabel("Temperatura\nMáxima °C/mes", fontsize = 10.0)
ax1.yaxis.set_major_locator(MaxNLocator(integer=True, min_n_ticks=1))
ax2.set_ylabel("Temperatura\nMínima °C/mes", fontsize = 10.0)
ax2.yaxis.set_major_locator(MaxNLocator(integer=True, min_n_ticks=1))
ax3.set_ylabel("Precipitación mm/mes", fontsize=10.0)
ax3.yaxis.set_major_locator(MaxNLocator(integer=True, min_n_ticks=1))

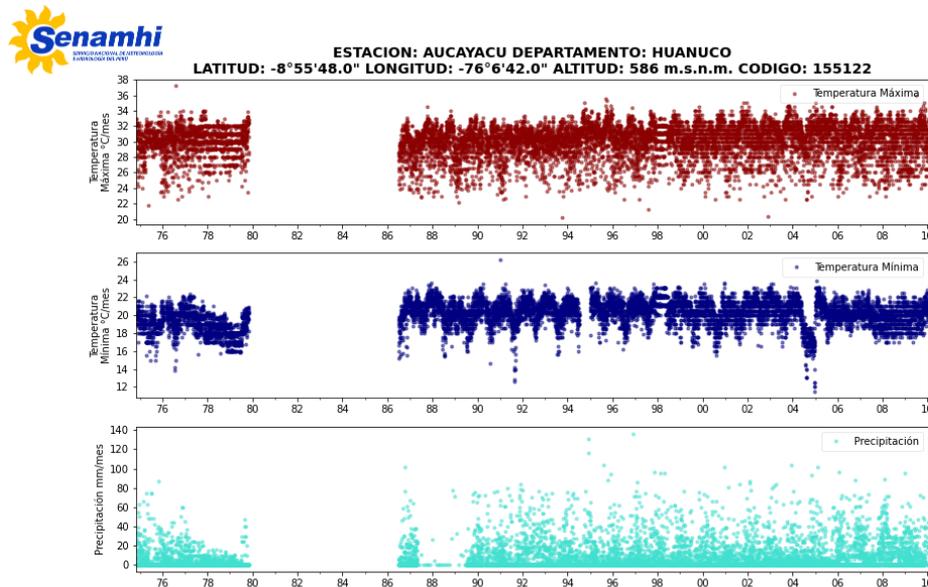
ax1.set_xlabel("")
ax2.set_xlabel("")
ax3.set_xlabel("")

ax1.legend(["Temperatura Máxima"], bbox_to_anchor=[1, 1], loc='upper right', framealpha=0.4)
ax2.legend(["Temperatura Mínima"], bbox_to_anchor=[1, 1], loc='upper right', framealpha=0.4)
ax3.legend(["Precipitación"], bbox_to_anchor=[1, 1], loc='upper right', framealpha=0.4)
```

4.1.1.2. ANÁLISIS DE GRÁFICOS

Figura 6

CO. Aucayacu – Análisis Temporal

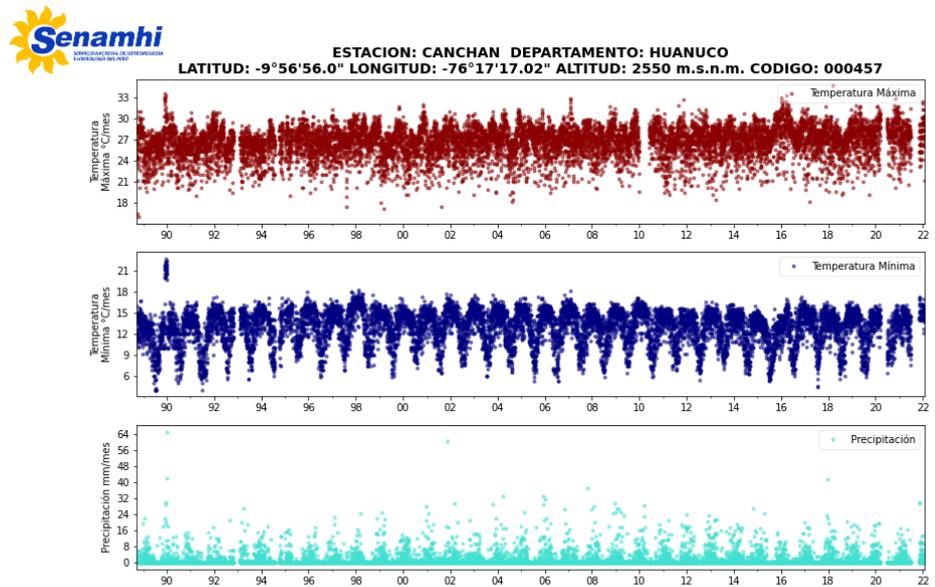


Nota: A través de la figura 6, podemos realizar el análisis de calidad de los datos de la estación de CO Aucayacu entre los años 1976 - 2010

De la Figura 6:

- Se observa que, entre los años 80 y 86, no existe data, debido a la paralización de la estación.
- Así mismo, entre los años 1978 a 1980 y 1998 se observa la presencia de ruido (data atípica), que representa un periodo sospechoso y puede poner en riesgo la efectividad del modelo de análisis Climdex.

Figura 7
CO. Canchan – Análisis Temporal

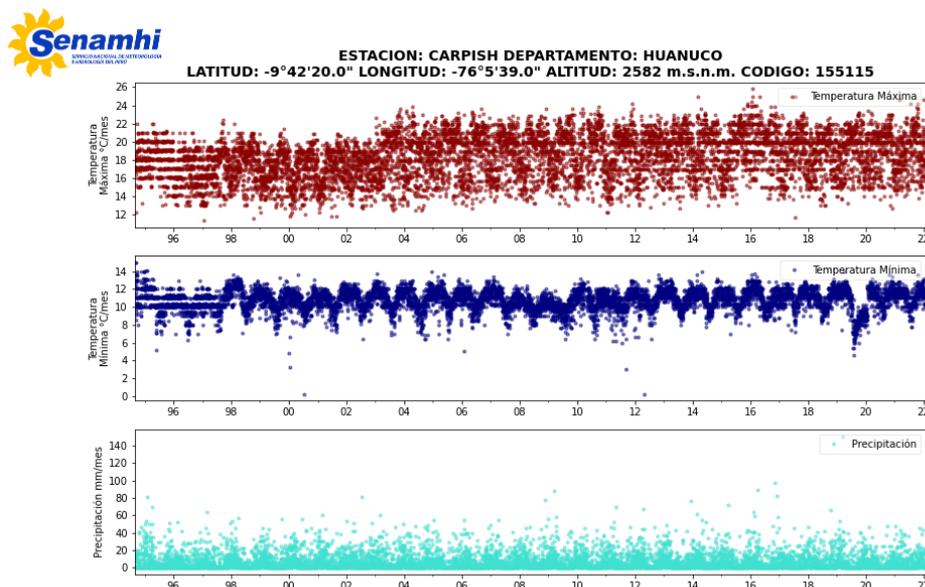


Nota: A través de la figura 7, podemos realizar el análisis de calidad de los datos de la estación de CO Canchan entre los años 1989 - 2022

De la Figura 7:

- No se observa la presencia de ruido (data atípica), que representa un periodo sospechoso y puede poner en riesgo la efectividad del modelo de análisis Climdex.

Figura 8
CO. Carpish - Análisis Temporal

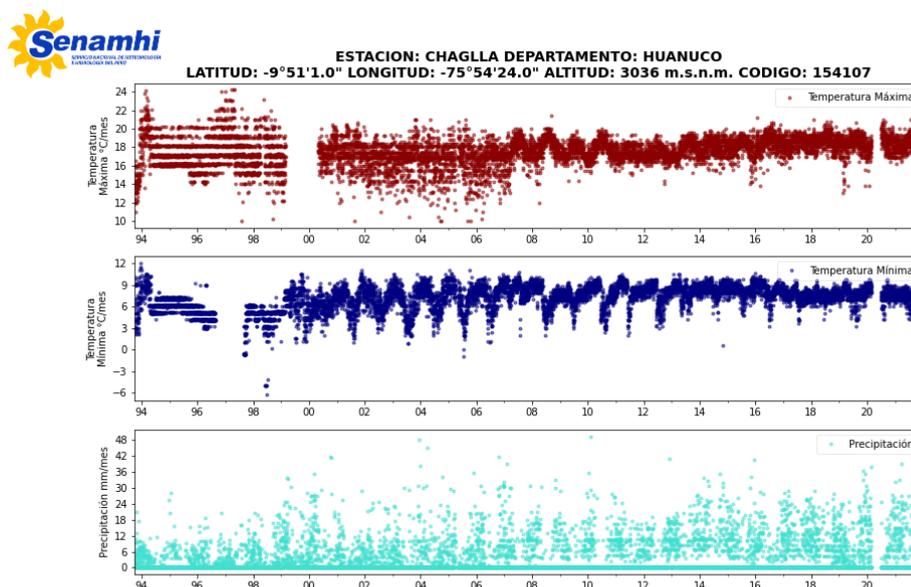


Nota: A través de la figura 8, podemos realizar el análisis de calidad de los datos de la estación de CO Canchan entre los años 1989 – 2022

De la Figura 8:

- Entre los años 1995 a 1998 se observa la presencia de ruido (data atípica), que representa un periodo sospechoso y puede poner en riesgo la efectividad del modelo de análisis Climdex.
- A partir del año 2003 en adelante se observa un desfase de 2°C en la temperatura máxima.
- Así mismo, se observa en temperatura máxima un periodo con probabilidad de ruido a partir del año 2012.
- Entre los años 2019 y 2020 se presenta una caída significativa en las temperaturas mínimas, no correspondientes a la climatología.
- En consiguiente se determina no llevar a cabo la corrida del modelo R CLIMDEX con la estación CO. Carpish por las inconsistencias presentadas.

Figura 9
CO. Chaglla – Análisis Temporal

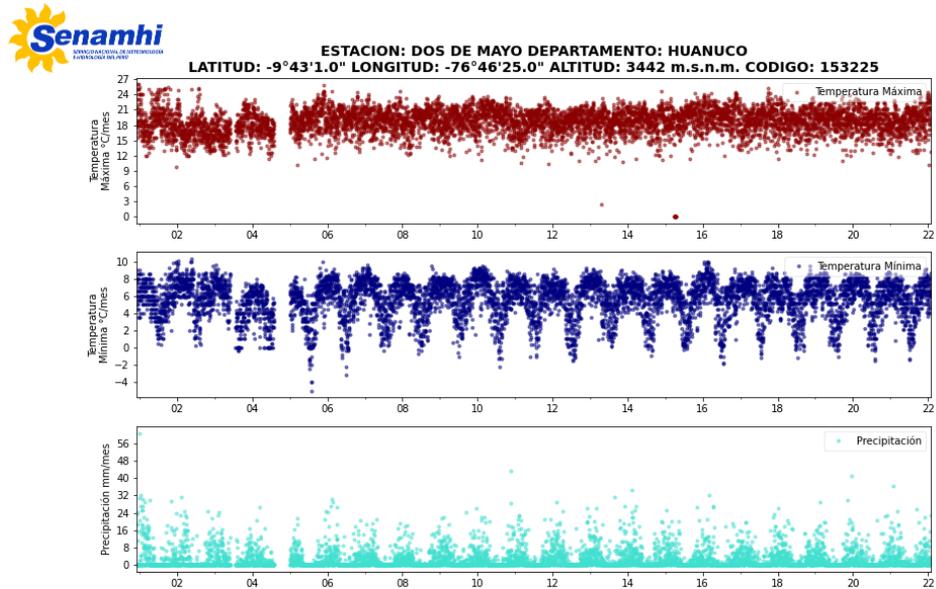


Nota: A través de la figura 9, podemos realizar el análisis de calidad de los datos de la estación de CO Chaglla entre los años 1994 – 2022

De la Figura 9:

- Se observa que entre los años 1999 al 2000, y el 2020, no existe data en temperatura máxima, así mismo se presentan datos faltantes en el año 1997 en temperatura mínima, debido a fallas en el instrumental.
- Entre los años 1994 a 1999 se observa la presencia de ruido (data atípica), que representa un periodo sospechoso y puede poner en riesgo la efectividad del modelo de análisis Climdex.
- Así mismo, se observa que a partir del año 2007 se presenta un patrón más definido de la climatología de la zona.

Figura 10
CO. Dos de Mayo – Análisis Temporal

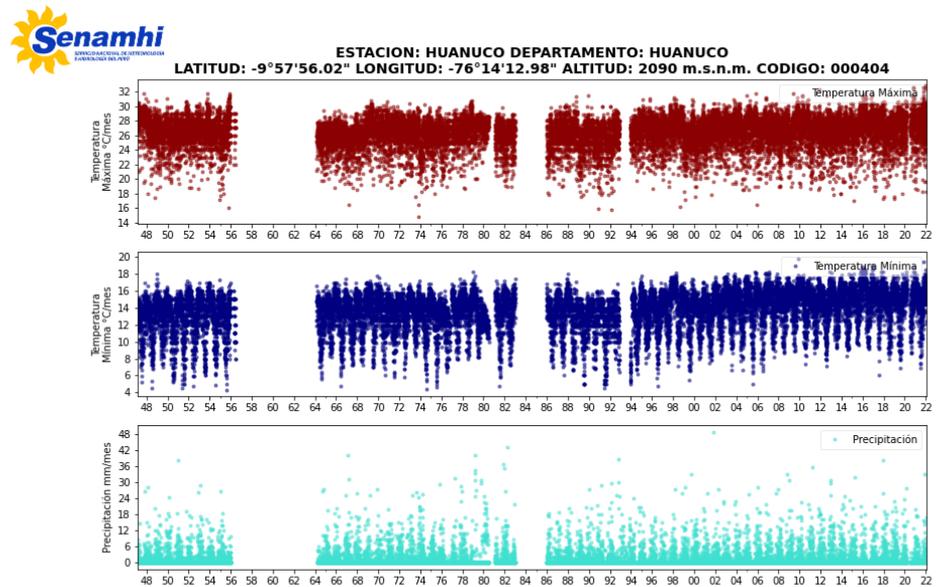


Nota: A través de la figura 10, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO Dos de Mayo entre los años 2001 – 2022

De la Figura 10:

- Se observa que el año 2005, no existe data, debido a la paralización de la estación.
- Entre los años 2003 a 2005 se observa la presencia de ruido (data atípica), en temperatura mínima, mientras en temperatura máxima y precipitaciones son estables.
- Así mismo, se observa que a partir del año 2006 se presenta un patrón más definido de la climatología de la zona.

Figura 11
 CO. Huánuco– Análisis Temporal



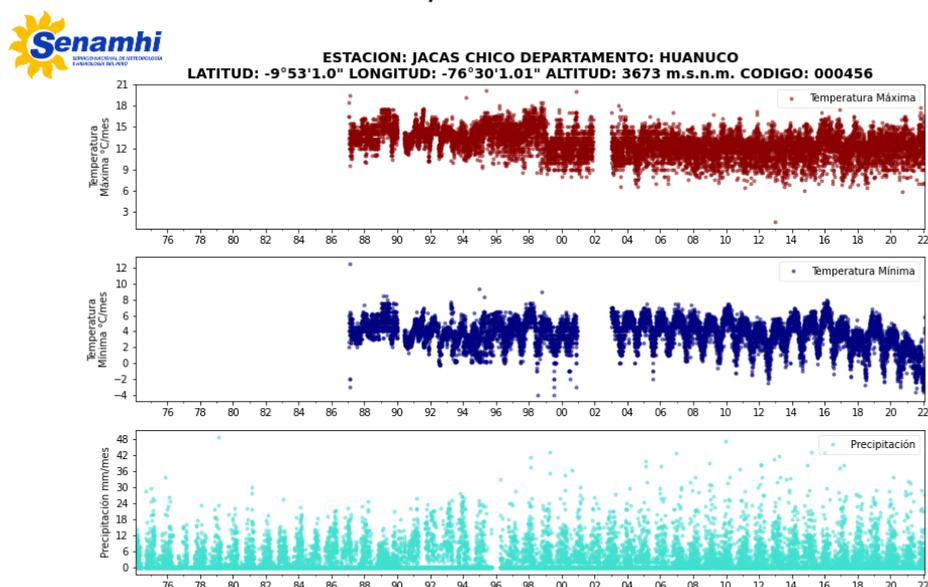
Nota: A través de la figura 11, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO Huánuco entre los años 1948 - 2022

De la Figura 11:

- Se observa que entre el año 1956 al 1963, así como del año 1983 al 1985, y el año 1993 (Temperaturas extremas), no existe data, debido a la paralización de la estación.
- No se observa la presencia de ruido (data atípica), en temperatura mínima, temperatura máxima ni precipitaciones.
- Así mismo, se observa que a partir del año 1996 se presenta un patrón más estable y definido de la climatología de la zona.

Figura 12

CO. Jacas Chico – Análisis Temporal

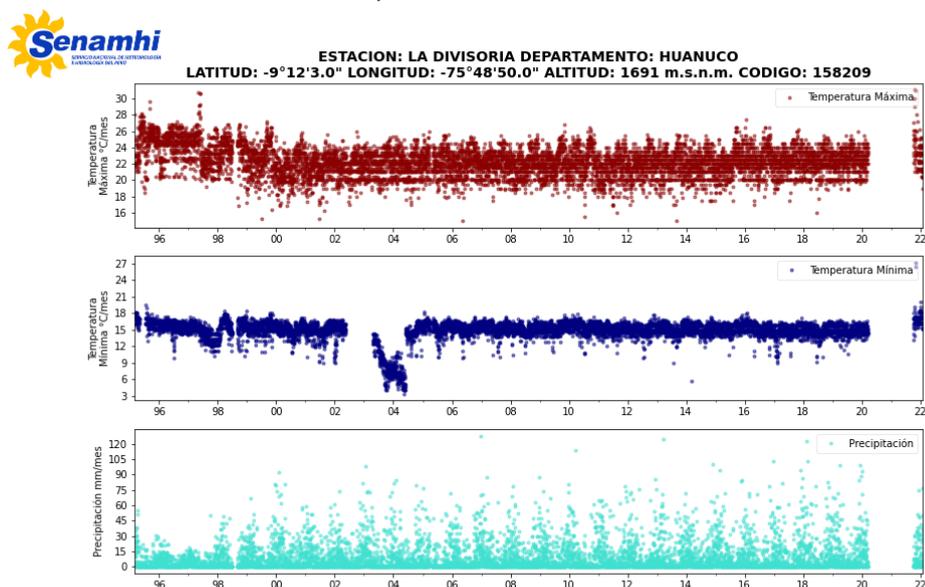


Nota: A través de la figura 12, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO Jacas Chico entre los años 1975 - 2022

De la Figura 12:

- Se observa que entre el año 1975 al 1986 (Temperaturas extremas), debido a que la estación inicio como Pluviométrica (solo registraba precipitaciones), así como del año 2001 al 2003 (Temperaturas extremas), no existe data, debido a dificultades con el instrumental.
- Entre los años 1999 a 2004 se observa la presencia de ruido (data atípica), en temperatura máxima.
- Así mismo, se observa que a partir del año 2006 se presenta un patrón más estable y definido de la climatología de la zona.

Figura 13
CO. La Divisoria– Análisis Temporal

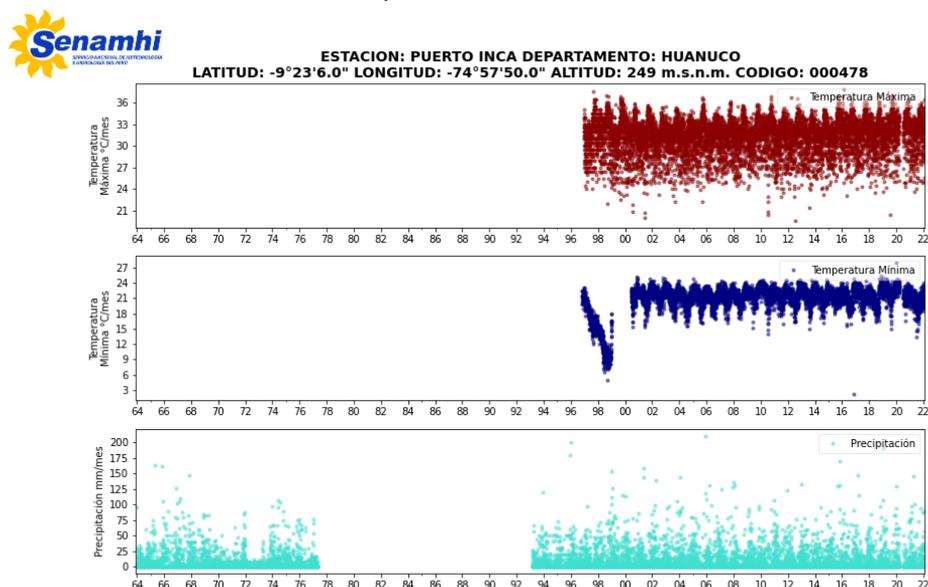


Nota: A través de la figura 13, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO La Divisoria entre los años 1995 – 2022

De la Figura 13:

- Se observa que entre el año 2002 al 2003 en temperatura mínima, no existe data por fallas en el instrumental, mientras entre el 2020 al 2021, no existe data, debido a paralización por pandemia.
- Entre los años 1997 a 2000 se observa la presencia de ruido (data atípica), en temperatura máxima.
- Así mismo, se observa que, entre el año del 2003 al 2005, una caída en los valores de temperatura nocturna, que no corresponden a la climatología normal de la zona.

Figura 14
CO. Puerto Inca – Análisis Temporal



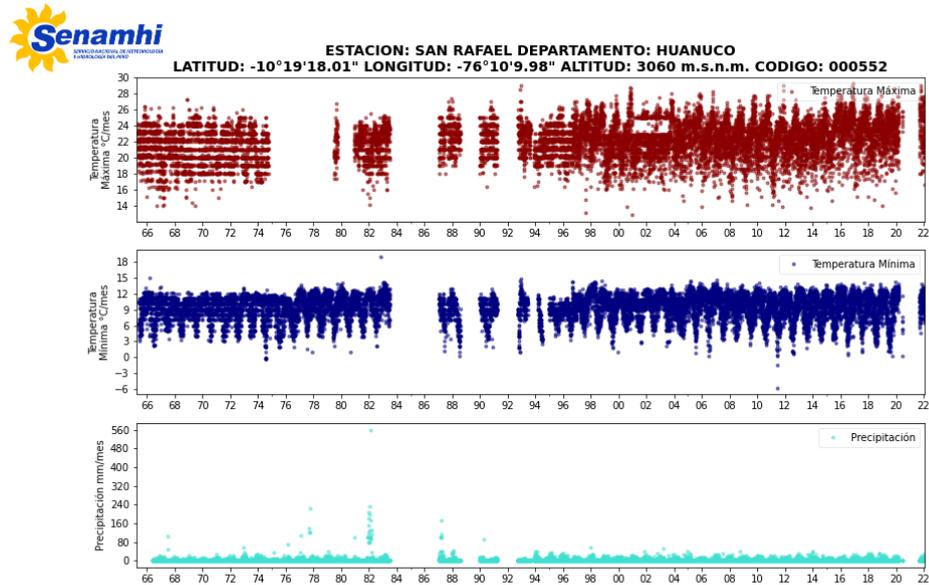
Nota: A través de la figura 14, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO Puerto Inca entre los años 1964 - 2022

De la Figura 14:

- Se observa que entre el año 1964 al 1996 (Temperaturas extremas), debido a que la estación inicio como Pluviométrica (solo registraba precipitaciones), así como del año 1978 al 1993 (precipitaciones), debido a la paralización de la estación.
- No se observa la presencia de ruido (data atípica), en temperatura máxima.
- Así mismo, se observa que, entre el año del 2003 al 2005, una caída en los valores de temperatura nocturna, que no corresponden a la climatología normal de la zona.

Figura 15

CO. San Rafael – Análisis Temporal

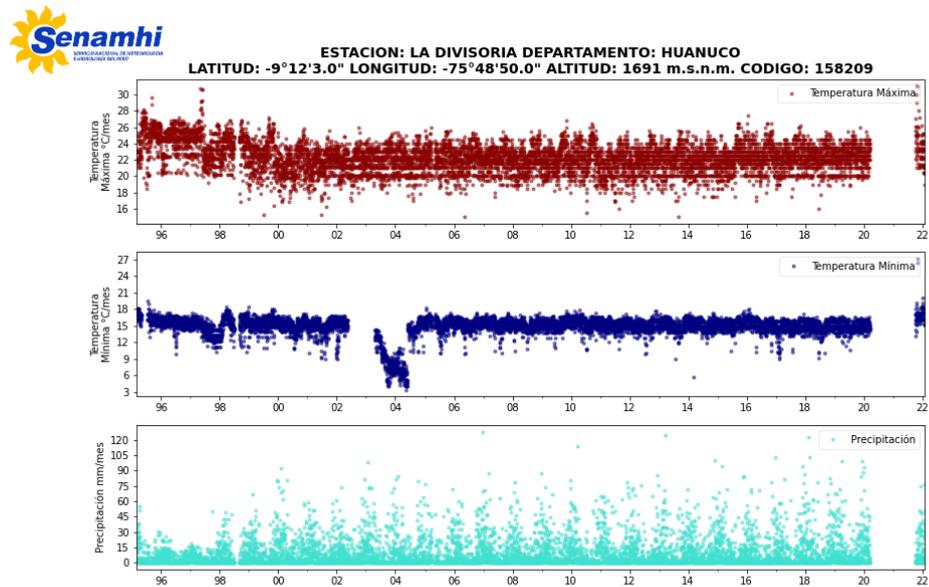


Nota: A través de la figura 15, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO San Rafael entre los años 1966 - 2022

De la Figura 15:

- Se observa que el año 1975 al 1981, no existe data de temperatura máxima, debido a problemas con la instrumentación, mientras que entre los años 1984 al 1994, la data se encuentra de manera discontinua por la paralización de la estación.
- Entre los años 1966 a 1996 se observa la presencia de ruido (data atípica), en temperatura máxima y temperatura mínima, mientras que en precipitación se observa outliers.
- Así mismo, se observa que, a partir del año 1996 se presenta un patrón más definido de la climatología de la zona.

Figura 16
CO. Tingo María – Análisis Temporal

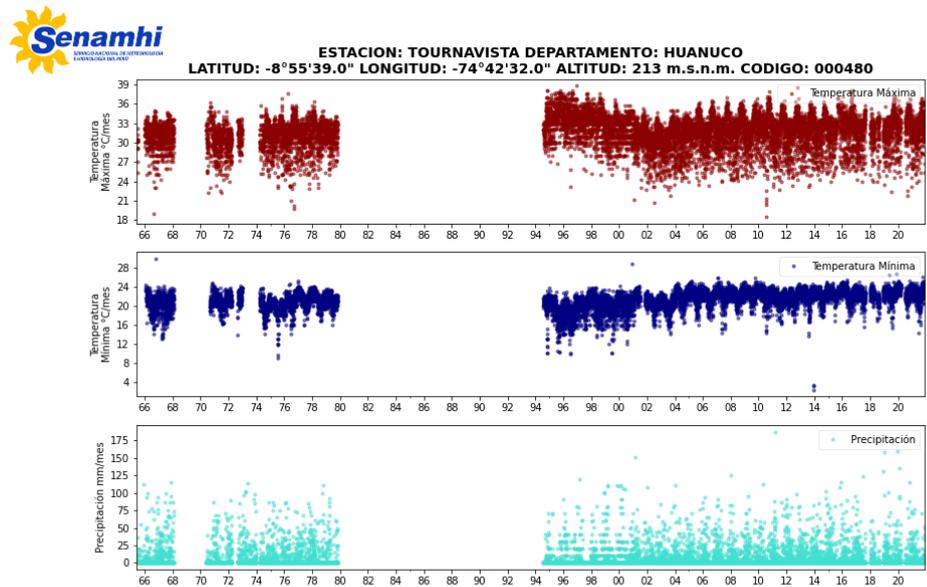


Nota: A través de la figura 16, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO La Divisoria entre los años 1995 - 2022

De la Figura 16:

- Se observa que entre el año 2002 al 2005 en temperatura mínima, se presenta outsiders, data sospechosa por observarse una caída significativa fuera de climatología.
- Así mismo, se observa que, a partir el año del 2005, se presenta un patrón más definido de la climatología de la zona.

Figura 17
 CO. Tournavista – Análisis Temporal

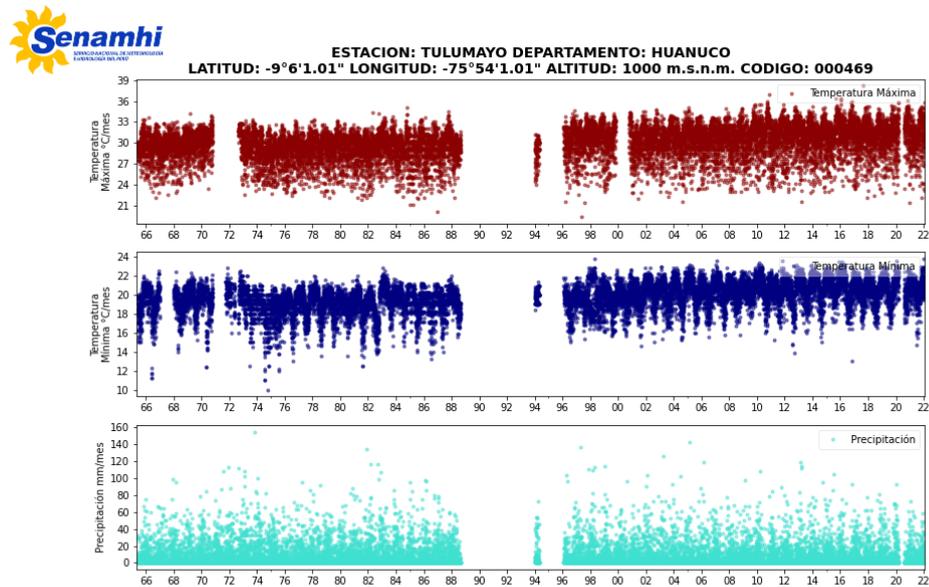


Nota: A través de la figura 17, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO Tournavista entre los años 1964 – 2022

De la Figura 17:

- Se observa que, entre el año 1968 al 1971, 1980 al 1994, no existe data, debido a la paralización de la estación.
- Se observa que, entre el año 1972 al 1974, no existe data, debido a problemas con la instrumentación de temperaturas.
- Entre los años 1994 a 2001 se observa la presencia de ruido (data atípica), en Precipitación y temperatura mínima.

Figura 18
CO. Tulumayo – Análisis Temporal



Nota: A través de la figura 18, podemos realizar el análisis de calidad de la estación de CO Tulumayo entre los años 1966 - 2022

De la Figura 18:

- Se observa que, entre el año 1989 al 1995 no existe data, debido a la paralización de la estación.
- Entre los años 1984 a 1986 se observa la presencia de ruido (data atípica), en temperatura máxima.
- Así mismo, se observa que, entre el año del 2000, se presenta un patrón más definido de la climatología de la zona

4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA CLIMATOLOGÍA

4.1.2.1. CÓDIGO PYTHON

Mediante el control de datos anterior se determinó que el periodo más completo y con menor ruido es entre los años 1990 al 2020, en base a ello determinaremos la climatología de cada estación, estableciendo las oscilaciones de temperaturas nocturnas y diurnas, así, como los acumulados de precipitación mensual.

Para el análisis climatológico de la data de las 13 estaciones convencionales de la Dirección zonal 10, se utilizó la siguiente codificación en el lenguaje Python, a través de software Spyder Anaconda:

En la primera parte de la codificación importamos las librerías Pandas, el cual nos permitirá trabajar data frame (tablas con los datos meteorológicos ordenados de acuerdo al requerimiento); numpy el cual nos permitirá trabajar vectores y Matplotlib para graficar los resultados.

```
import pandas as pd
import numpy as np
import os
path = "D:/Proyecto/Archivos Excel/"
files = os.listdir(path)
```

Para importar los datos desde un archive Excel y creamos un vacío para posteriormente ser utilizado con data generada.

```
files_xls = [os.path.join(path, f) for f in files if f[-3:] == 'xls']
dfs = pd.DataFrame()
```

Se utilizó un bucle para para cada uno de los Excel y unirlos. Así mismo Reemplazamos los datos trazas por valor numérico.

```
for i in files_xls:
    data = pd.read_excel(i, 'Sheet 1', converters={'CODIGO':str}, na_values=[-99.9, -999.0, -99.0])
    data = data.rename(columns={'ANIO':'AÑO','TXCC':'TMAX','TNCC':'TMIN', 'PPTOT_CC':'PP'})
    dfs = dfs.append(data)
dfs=dfs.replace(-888,0.01)
```

Se importó metadatos que es información necesaria de las estaciones el cuál utiliza el Código antiguo de las estaciones como referencia

```
xls_metadatos = pd.ExcelFile("D:/Proyecto/Metadatos/Meta_DZ1033.xlsx")
metadatos = pd.read_excel(xls_metadatos, 'Hoja1', dtype={'CODIGO_ANT': str})
metadatos = metadatos.rename(columns={'CODIGO_ANT': 'CODIGO'})
```

Unimos la data de las estaciones con los metadatos a través de la comuna "CODIGO". Luego se procede a ordenar.

```
dfs = pd.merge(dfs, metadatos[['CODIGO', 'NOMBRE', 'DEPARTAMENTO',
'PROVINCIA', 'DISTRITO', 'REGION', 'LONGITUD', 'LATITUD', 'ALTITUD']], on='CODIGO', how='left')
fs = dfs.reindex(columns=['CODIGO', 'NOMBRE', 'DEPARTAMENTO',
'PROVINCIA', 'DISTRITO', 'REGION', 'LONGITUD', 'LATITUD', 'ALTITUD', 'AÑO', 'MES', 'DIA', 'TMAX', 'TMIN', 'PP'])
```

Se seleccionó el periodo climático (1991-2020)

```
datos_81_2010 = dfs[(dfs['AÑO'] >= 1991) & (dfs['AÑO'] < 2011)]
```

Detectamos datos erróneos para luego asignar el valor de nan

```
error1 = datos_81_2010.loc[datos_81_2010['TMAX'] == 0.0]
error2 = datos_81_2010.loc[datos_81_2010['TMIN'] > datos_81_2010['TMAX']]
datos_81_2010.loc[datos_81_2010['TMAX'] == 0.0, 'TMAX'] = np.nan
datos_81_2010.loc[datos_81_2010['TMIN'] >= datos_81_2010['TMAX'], 'TMAX'] = np.nan
```

Creamos una nueva columna con formato fecha y se eliminaron las columnas año, mes y día. Posteriormente se ordenan las columnas.

```
datos_81_2010 = datos_81_2010.rename(columns={'AÑO': 'year', 'MES': 'month', 'DIA': 'day'})
datos_81_2010['FECHA'] = pd.to_datetime(datos_81_2010[['year', 'month', 'day']])
datos_81_2010 = datos_81_2010.drop(['year', 'month', 'day'], axis=1)
dfs = dfs.reindex(columns=['CODIGO', 'NOMBRE', 'DEPARTAMENTO',
'PROVINCIA', 'DISTRITO', 'REGION', 'LONGITUD', 'LATITUD', 'ALTITUD', 'FECHA', 'TMAX', 'TMIN', 'PP'])
datos_81_2010['MES'] = datos_81_2010.FECHA.dt.month
datos_81_2010['AÑO_MES'] = datos_81_2010.FECHA.dt.strftime("%Y-%m")
```

Generamos las normales de las TMAX, TMIN y PP

```
mensualestmax = pd.DataFrame(datos_81_2010.groupby(['CODIGO', 'AÑO_MES'])['TMAX'].mean().round(1))
mensualestmax = mensualestmax.reset_index(drop=False)
mensualestmax['MES'] = mensualestmax['AÑO_MES'].str.strip().str[-2:]
normalestmax = pd.DataFrame(mensualestmax.groupby(['CODIGO', 'MES'])['TMAX'].mean().round(1))
normalestmax = normalestmax.reset_index(drop=False)
mensualestmin = pd.DataFrame(datos_81_2010.groupby(['CODIGO', 'AÑO_MES'])['TMIN'].mean().round(1))
mensualestmin = mensualestmin.reset_index(drop=False)
mensualestmin['MES'] = mensualestmin['AÑO_MES'].str.strip().str[-2:]
normalestmin = pd.DataFrame(mensualestmin.groupby(['CODIGO', 'MES'])['TMIN'].mean().round(1))
normalestmin = normalestmin.reset_index(drop=False)
mensualespp = pd.DataFrame(datos_81_2010.groupby(['CODIGO', 'AÑO_MES'])['PP'].sum().round(1))
mensualespp = mensualespp.reset_index(drop=False)
mensualespp['MES'] = mensualespp['AÑO_MES'].str.strip().str[-2:]
normalespp = pd.DataFrame(mensualespp.groupby(['CODIGO', 'MES'])['PP'].mean().round(1))
normalespp = normalespp.reset_index(drop=False)
```

Ordenamos las normales junto al metadato inicial

```
normales=pd.merge(normalestmax,normalestmin[["CODIGO','MES','TMIN']],on=["CODIGO','MES'],
how='left')
normales=pd.merge(normales,normalespp[["CODIGO','MES','PP']],on=["CODIGO','MES'],
how='right')
normales=pd.merge(normales,metadatos[["CODIGO','NOMBRE','DEPARTAMENTO','LATITUD','LONGITUD','ALTITUD']],on="CODIGO",how='left')
```

Generamos una lista de meses y un bucle

```
meses={'01':'Enero','02':'Febrero','03':'Marzo','04':'Abril','05':'Mayo',
'06':'Junio','07':'Julio','08':'Agosto',
'09':'Septiembre','10':'Octubre','11':'Noviembre','12':'Diciembre'}
for numero, mes in meses.items():
normales['MES'] = normales['MES'].replace(numero, mes)
```

Importamos nuevamente las librerías

```
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.ticker import MaxNLocator
from matplotlib.font_manager import FontProperties
from calendar import month_name
```

Finalmente generamos las gráficas climáticas en el periodo de 1991-2020.

```
for code, data in normales.groupby('CODIGO'):
nombre = data['NOMBRE'].iloc[0]
departamento = data['DEPARTAMENTO'].iloc[0]
latitud = data['LATITUD'].iloc[0]
longitud = data['LONGITUD'].iloc[0]
altitud = data['ALTITUD'].iloc[0]

fig, (ax1, ax2, ax3, ax4) = plt.subplots(4, sharex=False, sharey=False,figsize=(20, 15))
data.plot('MES',['TMAX'], alpha=0.5, color='darkred', marker='P', fontsize = 15.0,ax=ax1)
data.plot('MES',['TMIN'], alpha=0.5,color='navy',marker='D', fontsize = 15.0,ax=ax2)
data.plot('MES',['PP'],kind='bar',color='turquoise', fontsize = 15.0,ax=ax3)
#ax1.set_ylim([8, 37])
#ax2.set_ylim([-15, 25])
ax3.set_ylim([0, 500])
#add_value_labels(ax3)

tabla=ax4.table(cellText=data[['TMAX','TMIN','PP']].T.values,colLabels=["Enero","Febrero","Marzo","Abril","Mayo","Junio","Julio","Agosto",
"Septiembre","Octubre","Noviembre","Diciembre"],
rowLabels=data[['TMAX','TMIN','PP']].columns,rowColours=["darkred","navy","turquoise"],
colColours=["black"] * 12,loc="center",bbox = [0.0, -0.5, 1, 1])
tabla.auto_set_font_size(False)
tabla.set_fontsize(15)
tabla.scale(1,2)
ax4.axis('off')

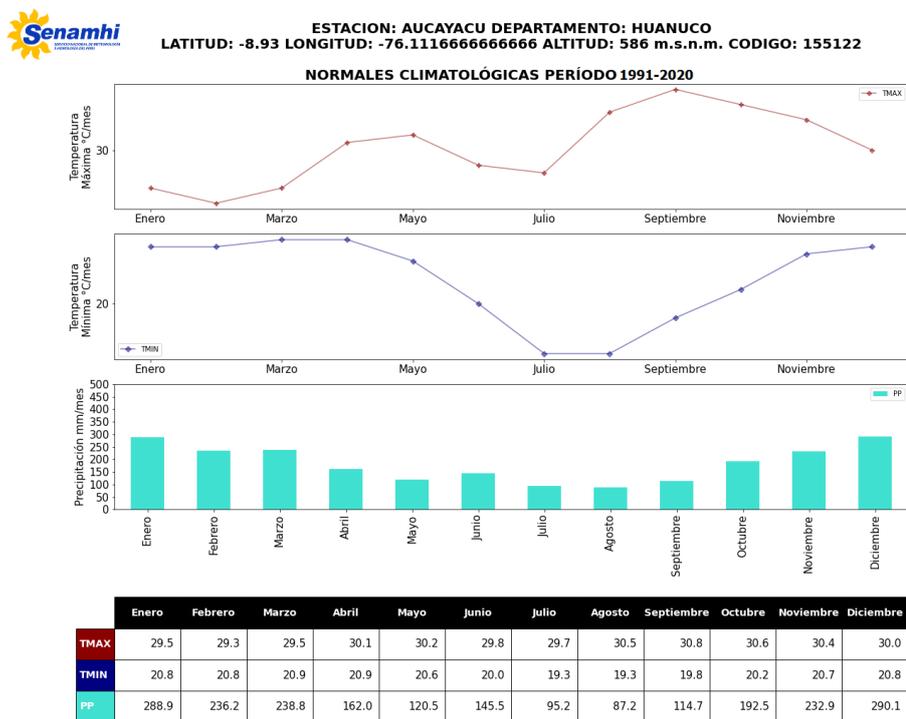
ax1.set_title(f'ESTACION: {nombre}' + f' DEPARTAMENTO: {departamento}' + f'\nLATITUD: {latitud}'
+ f' LONGITUD: {longitud}' + ' ALTITUD: ' + str(altitud) + ' m.s.n.m.' + ' CODIGO: ' + str(code)
+ '\n\nNORMALES CLIMATOLÓGICAS PERÍODO 1981 - 2010',fontsize= 20,fontweight="bold")
ax1.set_ylabel("Temperatura\nMáxima °C/mes", fontsize = 15.0)
ax1.yaxis.set_major_locator(MaxNLocator(integer=True, min_n_ticks=1))
ax2.set_ylabel("Temperatura\nMínima °C/mes", fontsize = 15.0)
ax2.yaxis.set_major_locator(MaxNLocator(integer=True, min_n_ticks=1))
ax3.set_ylabel("Precipitación mm/mes", fontsize = 15.0)
ax3.yaxis.set_major_locator(MaxNLocator(integer=True, min_n_ticks=1))
ax1.set_xlabel("")
ax2.set_xlabel("")
ax3.set_xlabel("")
ax4.set_xlabel("")

logo_senamhi = plt.imread("D:/Proyecto/Logo/SENAMHI_logo-AI-ACENTO.jpg")
ax_logo_senamhi = fig.add_axes([0.02, 0.90, 0.11, 0.09])
ax_logo_senamhi.imshow(logo_senamhi)
```

4.1.2.2. ANÁLISIS DE GRÁFICOS

Figura 19

CO. Aucayacu – Normales Climatológicas



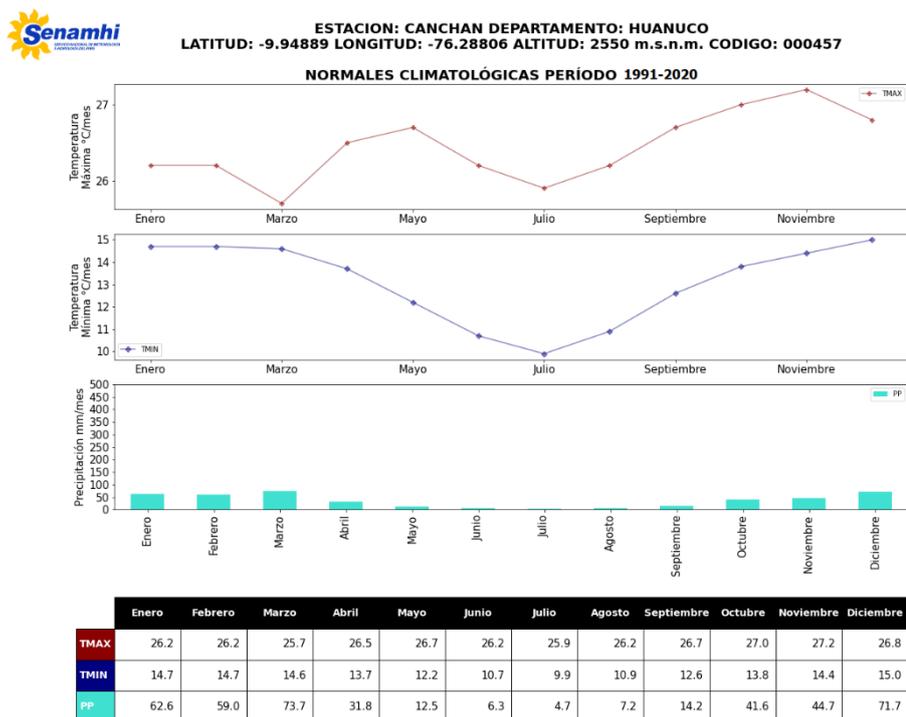
Nota: La Figura 19, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación Aucayacu entre los años 1991 – 2020

De la Figura 19:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Aucayacu, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 29°C y 31°C, las temperaturas máximas se registraron entre los meses de agosto a noviembre, siendo septiembre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (30.8°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de enero a marzo, donde la nubosidad durante el día es más persistente, siendo el mes de febrero, el mes con promedio mensual más bajo (29.3°C).

- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Aucayacu, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 19°C y 21°C, las temperaturas más bajas fueron registradas durante invierno, entre los meses de junio a setiembre, siendo junio y julio los meses con las temperaturas mínimas más bajas (19.3°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada lluviosa, durante los meses de diciembre a marzo, donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.
- En cuanto a las precipitaciones en la estación Aucayacu, los mayores acumulados se registraron entre los meses de noviembre a marzo, con acumulados superiores a los 200 mm, propios de los climas de selva alta. Siendo diciembre el mes con mayor acumulado (290.1 mm). Mientras el periodo más seco se registra entre los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 100 mm (julio y agosto).

Figura 20
CO. Canchan – Normales Climatológicas



Nota: La Figura 20, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Canchan entre los años 1991 – 2020.

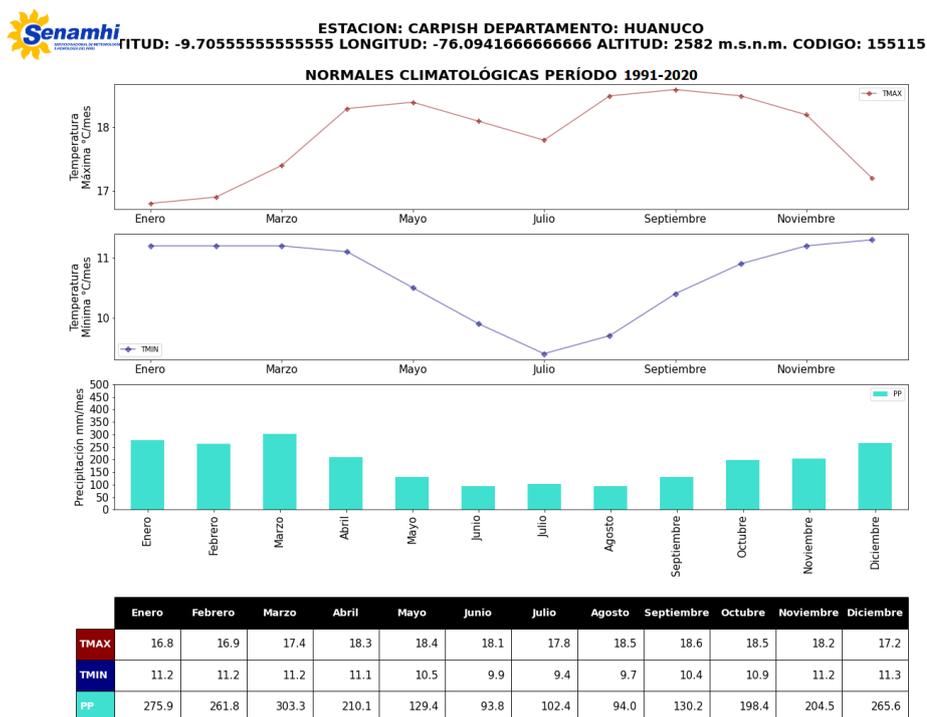
De la Figura 20:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Canchan, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 25°C y 27°C, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de octubre a diciembre, siendo noviembre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (27.2°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas durante los meses de junio a agosto, siendo Julio, el mes con promedio mensual más bajo (25.9°C).
- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Canchan, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 9°C y 13°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, durante los meses de junio a agosto, siendo julio el mes con las

temperaturas mínimas más bajas (9.9°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, durante los meses de noviembre a marzo, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.

- En cuanto a las precipitaciones en la estación Canchan, los acumulados más altos se registraron entre los meses de diciembre a marzo, con acumulados superiores a los 50 mm, propios de los climas alto-andinos. Siendo marzo el mes con mayor acumulado (73.7 mm). Mientras el periodo más seco se presenta durante los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 10 mm inclusive (junio - agosto).

Figura 21
CO. Carpish – Normales Climatológicas



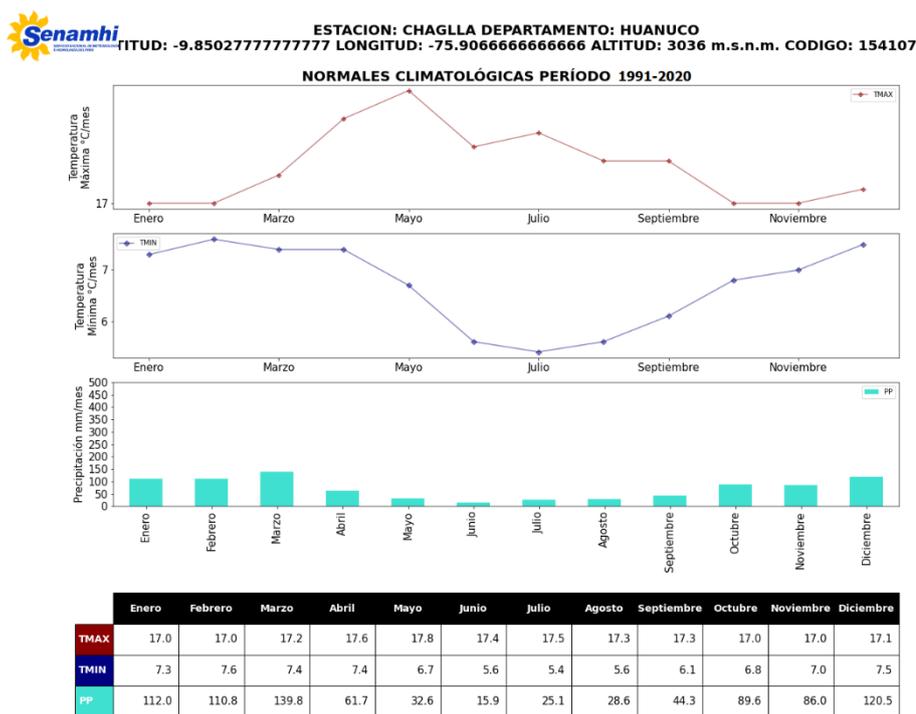
Nota: La Figura 21: muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Carpish entre los años 1991 – 2020.

De la Figura 21:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Carpish, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 16°C y 19°C, las temperaturas más altas se registraron entre los meses de agosto a noviembre, siendo setiembre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (18.6°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, en los meses de enero a marzo, donde la nubosidad durante el día es más persistente, siendo el mes de febrero, el mes con promedio mensual más bajo (16.9°C).

- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Carpish, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 9°C y 11°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, en los meses de junio a agosto, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (9.4°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas entre los meses de noviembre a abril.
- En cuanto a las precipitaciones en la estación Carpish, los acumulados más altos se registraron durante los meses de diciembre a abril, con acumulados superiores a los 200 mm, propios de los climas de selva alta. Siendo enero el mes con mayor acumulado (275.9 mm). Mientras el periodo más seco se presenta en los meses de mayo a septiembre, con acumulados inferiores a los 100 mm inclusive (junio y agosto).

Figura 22
CO. Chaglla – Normales Climatológicas



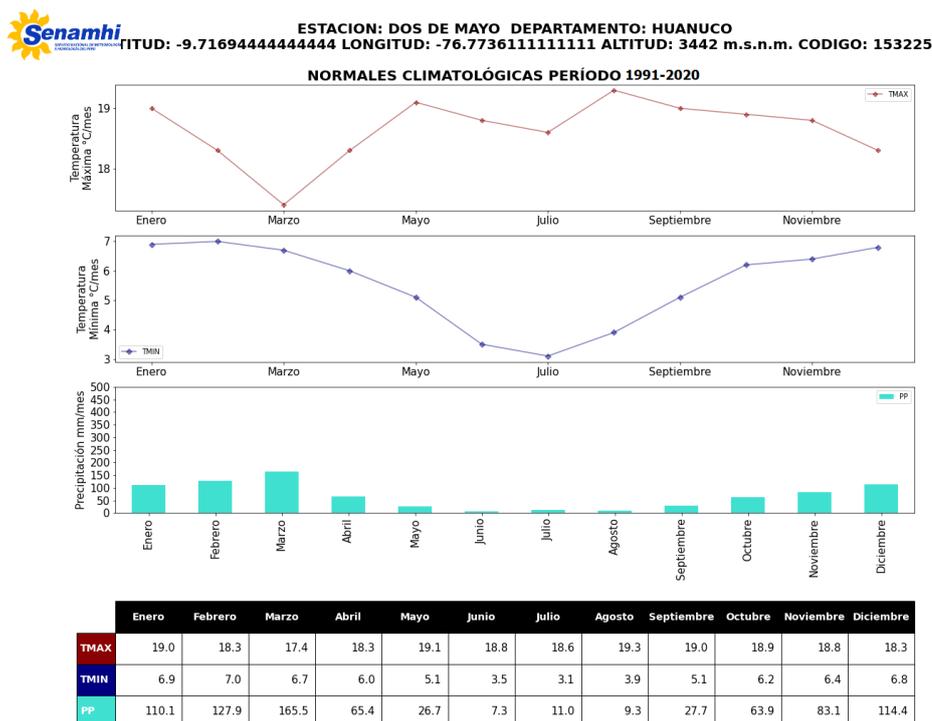
Nota: La Figura 22, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Chaglla entre los años 1991 - 2020

De la Figura 22:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Chaglla, se observa los promedios mensuales con oscilaciones cortas entre 16°C y 17°C, no se presentan diferencias marcadas en las temperaturas diurnas mensuales, las temperaturas más altas se registraron entre los meses de abril a julio, siendo mayo el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (17.8°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, durante los meses de octubre a marzo, donde la nubosidad durante el día es más persistente, mientras los promedios mensuales más bajos se repetían entre los meses octubre, noviembre, enero y febrero (17.0°C).

- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Chaglla, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 5°C y 8°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de mayo a octubre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (5.4°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de noviembre a abril, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.
- En cuanto a las precipitaciones en la estación Chaglla, los acumulados más altos se registraron durante los meses de diciembre a marzo, con acumulados superiores a los 100 mm, propios de los climas alto-andinos. Siendo marzo el mes con mayor acumulado (139.8 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 30 mm inclusive (junio a agosto).

Figura 23
CO. Dos de Mayo – Normales Climatológicas



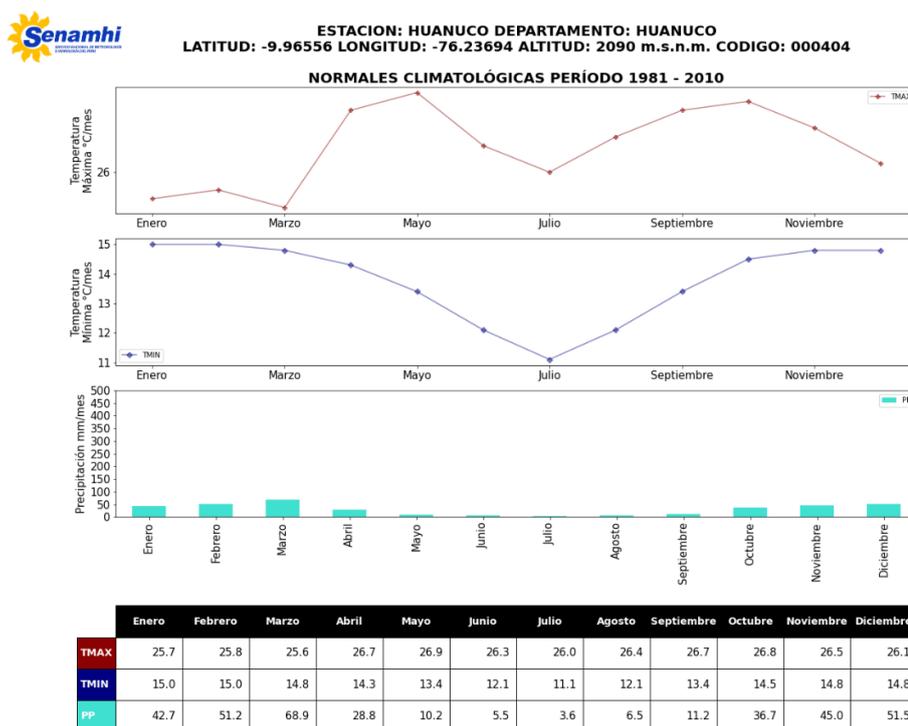
Nota: La Figura 23, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Dos de Mayo entre los años 1991 – 2020.

De la Figura 23:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Dos de Mayo, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 17°C y 19°C, no se presentan diferencias marcadas en las temperaturas diurnas mensuales, las temperaturas más altas se registraron entre los meses de mayo a setiembre, así como enero, siendo agosto el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (19.3°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de diciembre a abril (a excepción de enero), y donde la nubosidad durante el día es más persistente, siendo el mes de marzo, el mes con promedio mensual más bajo (17.4°C).

- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Dos de Mayo, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 3°C y 7°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, durante los meses de mayo a setiembre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (3.1°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada lluviosa, durante los meses de octubre a abril, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.
- En cuanto a las precipitaciones en la estación Dos de Mayo, los acumulados más altos se registraron entre los meses de diciembre a marzo, con acumulados superiores a los 100 mm, propios de los climas alto-andinos. Siendo marzo el mes con mayor acumulado (165.5 mm). Mientras el periodo más seco se presenta durante los meses de mayo a septiembre, con acumulados inferiores a los 10 mm inclusive (junio y agosto).

Figura 24
CO. Huánuco – Normales Climatológicas



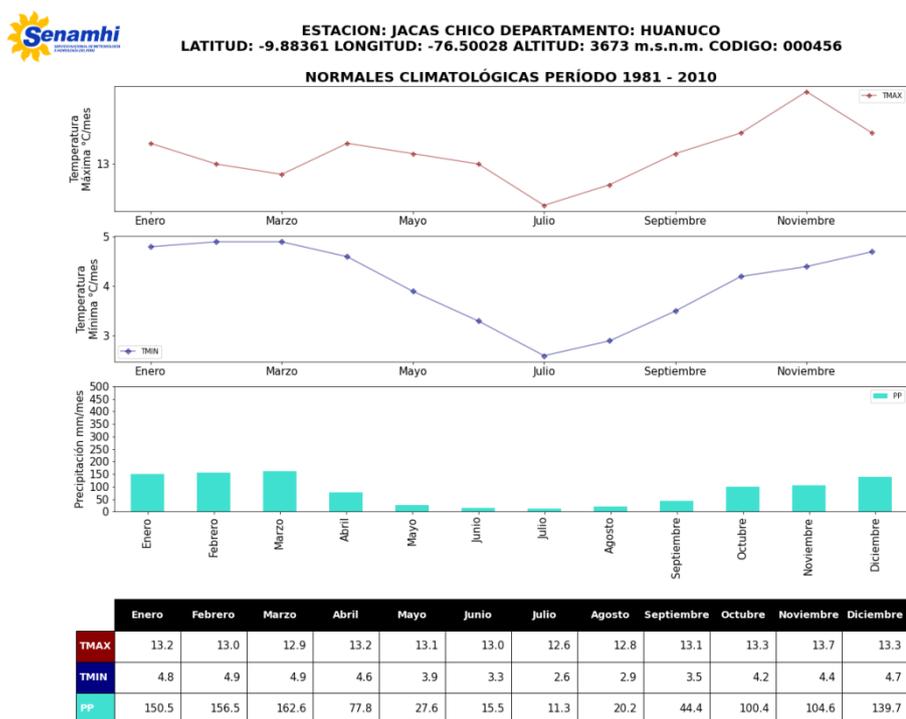
Nota: La Figura 24, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CP Huánuco entre los años 1991 – 2020.

De la Figura 24:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Huánuco, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 25°C y 27°C, no se presentan diferencias marcadas en las temperaturas diurnas mensuales, las temperaturas más altas se registraron en los meses de abril, mayo, setiembre, octubre y noviembre, siendo mayo el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (26.9°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de diciembre a marzo, y donde la nubosidad durante el día es más persistente, siendo el mes de marzo, el mes con promedio mensual más bajo (25.6°C).

- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Huánuco, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 11°C y 15°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de mayo a setiembre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (11.1°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de octubre a marzo, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.
- En cuanto a las precipitaciones en la estación Huánuco, los acumulados más altos se registraron durante los meses de noviembre a marzo, con acumulados superiores a los 40 mm, propios de los climas alto-andinos. Siendo marzo el mes con mayor acumulado (68.9 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 7 mm inclusive (junio y agosto).

Figura 25
CO. Jacas Chico – Normales Climatológicas



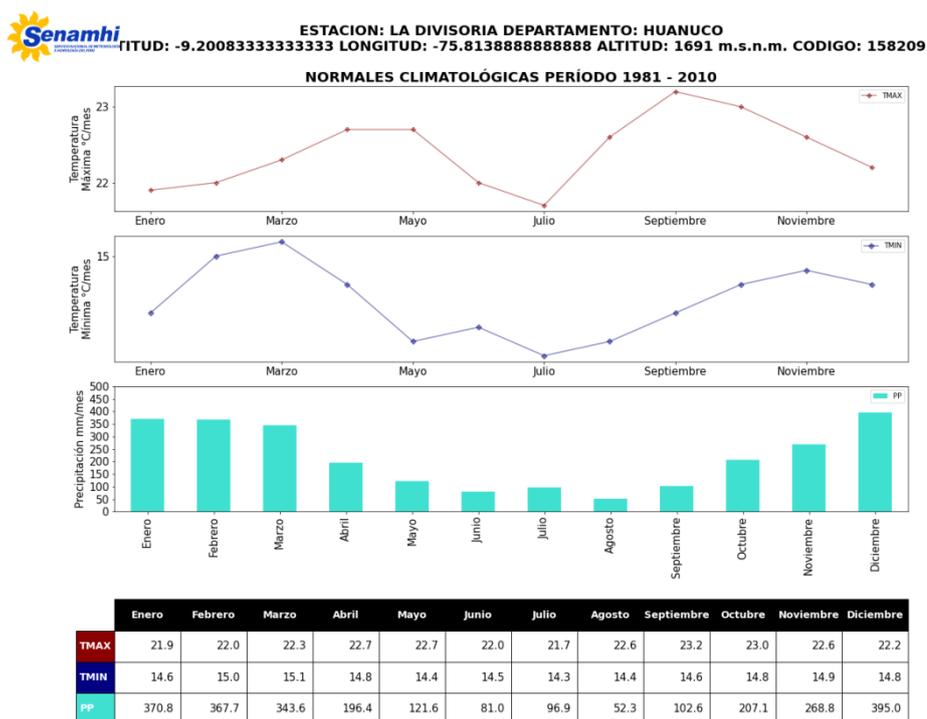
Nota: La Figura 25, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Jacas Chico entre los años 1991 – 2020

De la Figura 25:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Jacas Chico, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 12°C y 14°C, no se presentan diferencias marcadas en las temperaturas diurnas mensuales, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de octubre a diciembre, siendo noviembre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (13.7°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas entre los meses de junio a agosto, así como marzo, siendo el mes de julio, el mes con promedio mensual más bajo (12.6°C).

- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Jacas Chico, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 3°C y 5°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de mayo a setiembre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (2.6°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de octubre a abril, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.
- En cuanto a las precipitaciones en la estación Jacas Chico, los acumulados más altos se registraron durante los meses de octubre a marzo, con acumulados superiores a los 100 mm, propios de los climas alto-andinos. Siendo marzo el mes con mayor acumulado (162.6 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 20 mm inclusive (junio y julio).

Figura 26
CO. La Divisoria – Normales Climatológicas



Nota: La Figura 26, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO La Divisoria entre los años 1991 – 2020

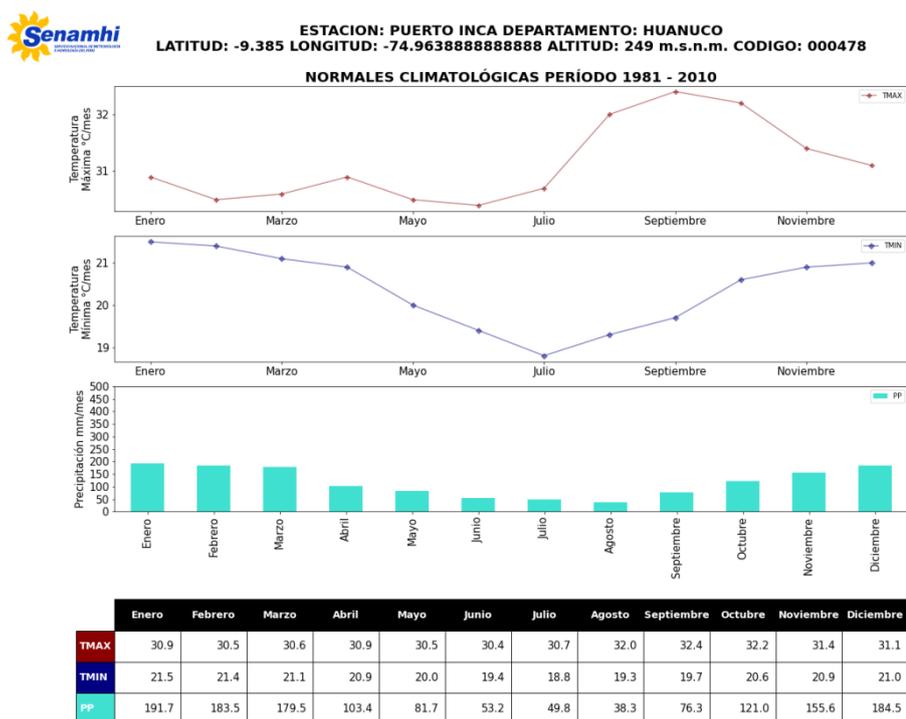
De la Figura 26:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación La Divisoria, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 21°C y 23°C, no se presentan diferencias marcadas en las temperaturas diurnas mensuales, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de agosto a noviembre, siendo setiembre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (23.2°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas entre los meses de junio y julio, siendo el mes de julio, el mes con promedio mensual más bajo (21.7°C).
- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación La Divisoria, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 14°C y 15°C, no se presentan

diferencias marcadas en las temperaturas diurnas mensuales, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de mayo a setiembre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (14.3°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de febrero a abril, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.

- En cuanto a las precipitaciones en la estación La Divisoria, los acumulados más altos se registraron durante los meses de octubre a marzo, con acumulados superiores a los 200 mm, propios de los climas de selva alta. Siendo diciembre el mes con mayor acumulado (395.0 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 100 mm inclusive (junio y agosto).

Figura 27
CO. Puerto Inca – Normales Climatológicas



Nota: La Figura 27, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Puerto Inca entre los años 1991 – 2020

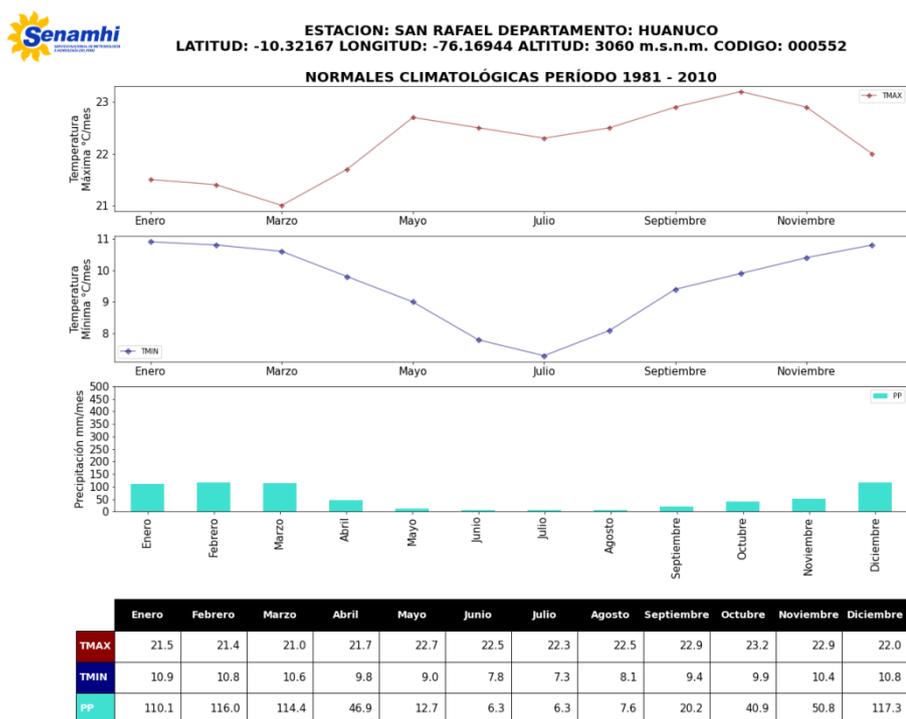
De la Figura 27:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Puerto Inca, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 30°C y 32°C, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de septiembre a diciembre, siendo septiembre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (32.4°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas entre los meses de febrero, marzo, mayo y junio, siendo el mes de junio, el mes con promedio mensual más bajo (30.4°C).
- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Puerto Inca, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 18°C y 22°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de mayo a setiembre,

siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (18.8°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de noviembre a abril, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.

- En cuanto a las precipitaciones en la estación Puerto Inca, los acumulados más altos se registraron durante los meses de noviembre a marzo, con acumulados superiores a los 150 mm, propios de los climas de la selva baja. Siendo enero el mes con mayor acumulado (191.7 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 50 mm inclusive (julio y agosto).

Figura 28
CO. San Rafael – Normales Climatológicas



Nota: La Figura 28, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO San Rafael entre los años 1991 – 2020

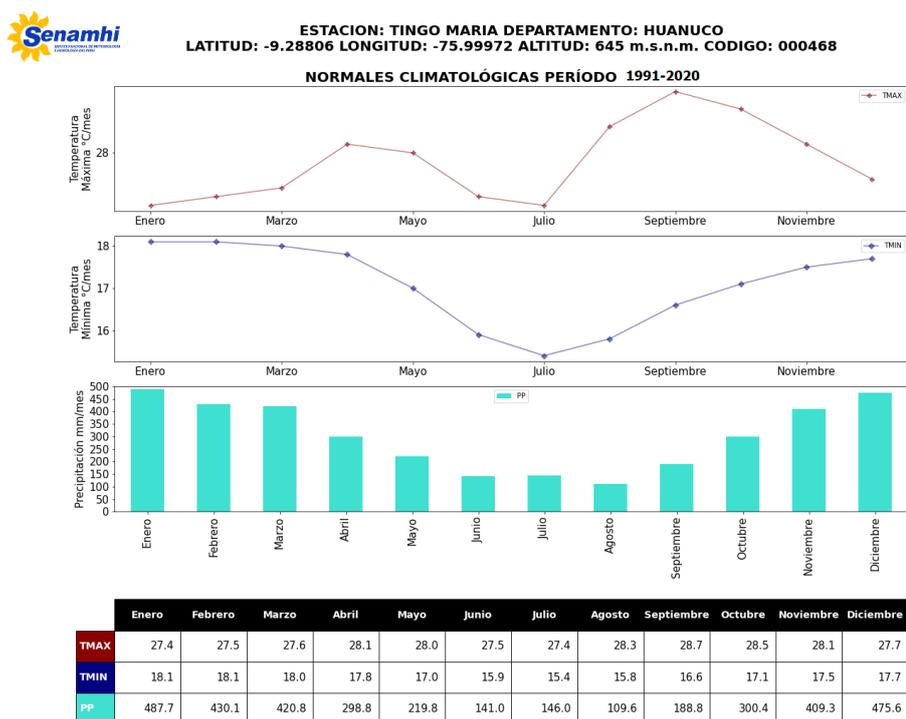
De la Figura 28:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación San Rafael, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 21°C y 23°C, no se presentan diferencias marcadas en las temperaturas diurnas mensuales, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de setiembre noviembre, siendo octubre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (23.2°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas registradas entre los meses de enero a abril, siendo el mes de marzo, el mes con promedio mensual más bajo (21.0 °C).
- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación San Rafael, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 7°C y 11°C, las temperaturas más bajas se

registraron entre los meses de mayo a setiembre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (7.3°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de noviembre a marzo, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.

- En cuanto a las precipitaciones en la estación San Rafael, los acumulados más altos se registraron durante los meses de diciembre a marzo, con acumulados superiores a los 100 mm, propios de los climas alto-andinos. Siendo diciembre el mes con mayor acumulado (117.3 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de mayo a setiembre, con acumulados inferiores a los 10 mm inclusive (junio a agosto).

Figura 29
CO. Tingo María – Normales Climatológicas



Nota: La Figura 29, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Tingo María entre los años 1991 – 2020

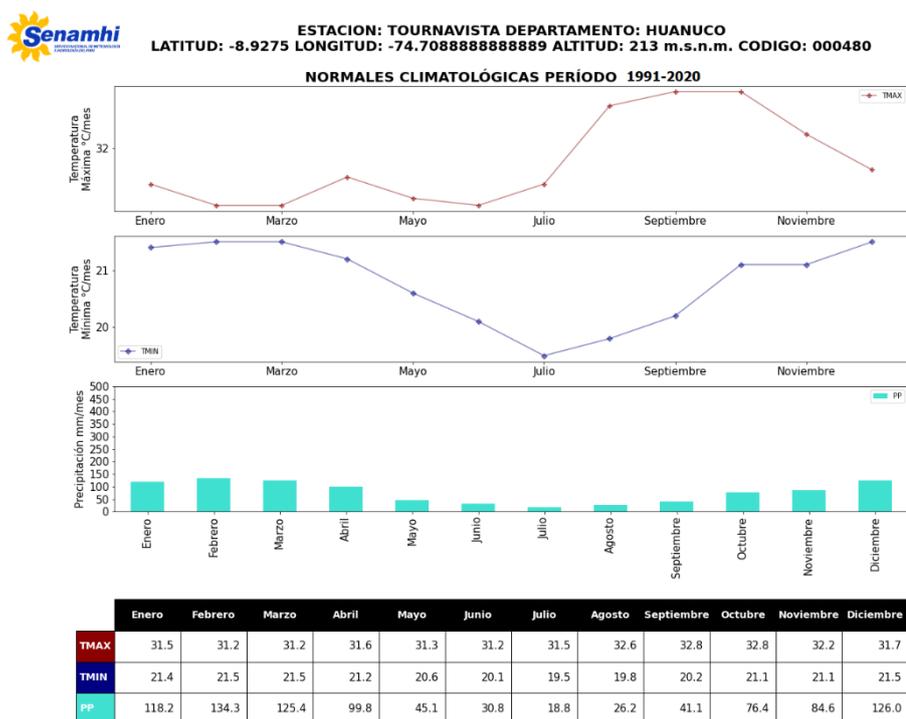
De la Figura 29:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Tingo María, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 27°C y 29°C, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de agosto a diciembre, siendo setiembre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (28.7°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas entre los meses de enero, febrero, junio y julio, siendo enero y julio, el mes con promedio mensual más bajo (27.4°C).
- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Tingo María, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 15°C y 18°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de mayo a setiembre,

siendo julio el mes con las temperaturas mínimas más bajas (15.4°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de diciembre a abril, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.

- En cuanto a las precipitaciones en la estación Tingo María, los acumulados más altos se registraron durante los meses de octubre a marzo, con acumulados superiores a los 300 mm, propios de los climas de la selva alta. Siendo enero el mes con mayor acumulado (487.7 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de junio a setiembre, con acumulados inferiores a los 150 mm inclusive (junio a agosto).

Figura 30
CO. Tournavista – Normales Climatológicas



Nota: La Figura 30, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Tournavista entre los años 1991 – 2020

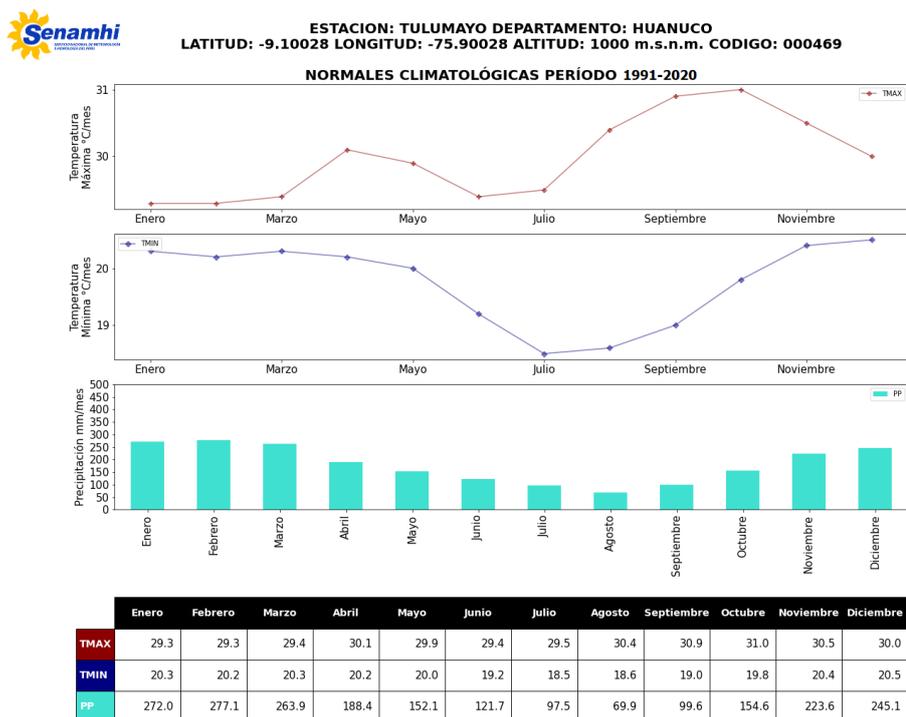
De la Figura 30:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Tournavista, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 31°C y 33°C, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de agosto a diciembre, siendo septiembre y octubre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (32.8°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas entre los meses de enero a julio, siendo febrero, marzo y junio, los meses con promedio mensual más bajo (31.2 °C).
- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Tournavista, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 19°C y 22°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de mayo a setiembre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas

más bajas (19.5°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de octubre a abril, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.

- En cuanto a las precipitaciones en la estación Tournavista, los acumulados más altos se registraron durante los meses de diciembre a marzo, con acumulados superiores a los 100 mm, propios de los climas de la selva baja. Siendo febrero el mes con mayor acumulado (134.3 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de junio a setiembre, con acumulados inferiores a los 20 mm inclusive (julio).

Figura 31
CO. Tulumayo – Normales Climatológicas



Nota: La Figura 31, muestra las normales climatológicas para temperaturas extremas diarias y precipitaciones de la estación CO Tulumayo entre los años 1991 – 2020

De la Figura 31:

- En cuanto a las temperaturas máximas en la estación Tulumayo, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 29°C y 31°C, las temperaturas más altas se registraron durante los meses de agosto a diciembre, siendo octubre el mes con las temperaturas diurnas más elevadas (31.0°C). Mientras los meses con temperaturas diurnas más bajas, son aquellas entre los meses de enero a julio, siendo enero y febrero, los meses con promedio mensual más bajo (29.3°C).
- En cuanto a las temperaturas mínimas en la estación Tulumayo, se observa los promedios mensuales con oscilaciones entre 18°C y 20°C, las temperaturas más bajas se registraron durante invierno, entre los meses de junio a octubre, siendo julio el mes con las temperaturas mínimas

más bajas (18.5°C). Mientras los meses con temperaturas nocturnas más altas, son aquellas registradas durante la temporada de lluvia, entre los meses de noviembre a mayo, y donde la nubosidad durante la noche, impide la pérdida de calor recibida durante el día.

- En cuanto a las precipitaciones en la estación Tulumayo, los acumulados más altos se registraron durante los meses de noviembre a marzo, con acumulados superiores a los 200 mm, propios de los climas de la selva alta. Siendo febrero el mes con mayor acumulado (277.1 mm). Mientras el periodo más seco se presenta entre los meses de julio a setiembre, con acumulados inferiores a los 70 mm inclusive (agosto).

4.1.3. ANÁLISIS CLIMDEX

Para iniciar el análisis CLIMDEX, comenzamos comprobando la calidad y la homogeneidad de las nuevas series de tiempo, para el cálculo de índices y tendencias.

4.1.3.1. PROCEDIMIENTO CLIMDEX

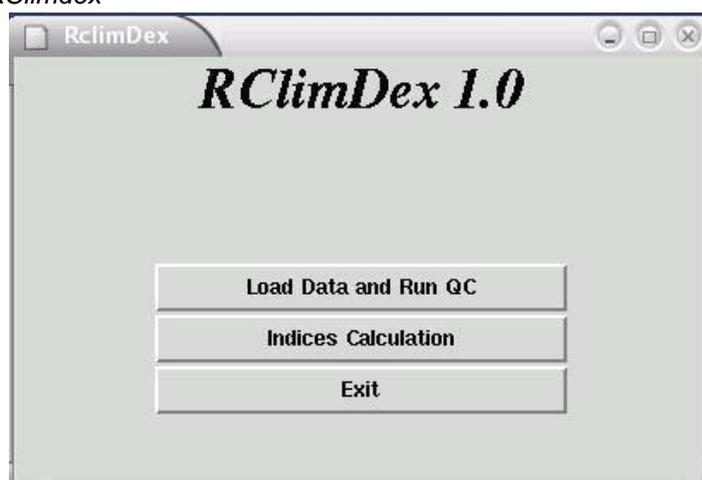
Recolección de los datos en formato Climdex

Los datos de las variables meteorológicas deben estar organizadas en un archivo por estación, y deben seguir el siguiente formato: año, mes, día, precipitación, temperatura máxima y mínima.

Ejecución en R del control de calidad

El software Climdex está disponible y puede descargarse a través del link http://cmc.org.ve/descargas/Cursos/CRRH/RHtests_dlyPrcp.r. Así mismo posee una interfaz gráfica intuitiva que permite la ejecución de los algoritmos de control de calidad.

Figura 32
Interfaz RClimdex



Nota: En la Figura 32, se muestra el interfaz de inicio de la nueva versión de RClimdex.

Ejecución en lenguaje R de las pruebas de homogeneidad

Luego de la descarga y ejecución del Software, se debe ejecutar en la línea de comandos del R: `source(RClimDex_RHtest.r)`.

Luego generar los archivos con los nombres de los archivos en formato txt para ser procesados en Climdex.

```
ls*.txt > lista.ls
```

Posteriormente, se debe generar el subdirectorio de salida:

```
Make.salidas
```

Para finalizar creando un ciclo para el tratamiento de todos los archivos incluidos en "lista.ls":

```
ifnames<- readLines ("lista.ls")
for (ifile in ifnames)
FindU (paste("./",ifile,sep=""), paste("salidas/",ifile,sep=""), "-999.9")
```

Para modificar los parámetros por "default" el software, se puede definir con el código:

```
For (ifile in ifnames)
FindU (paste ("./",ifile,sep=""),paste("salidas/",
ifile,sep=""),
ladj=10000,Mq=10,Ny4a=0,p.lev=0.99,MissingValueCode="-99.9")
```

La serie de valores diarios de precipitaciones QM- ajustados aparecen en la quinta columna del archivo de salida

```
*_QMadjDLY_UC.dat o *_QMadjDLY_UDfinal.dat.
```

Finalmente, usamos esta columna para la actualización del archivo de datos original, siguiendo el formato explicado.

Ejecución de R Climdex para el cálculo de índices climáticos y tendencias

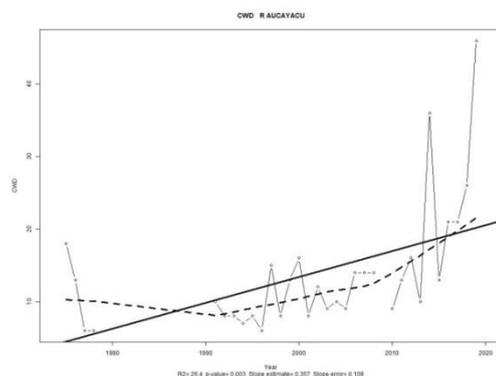
Nuevamente ejecutamos el paquete R Climdex y escogemos "Load Data" para subir el archivo que queremos analizar, luego "Indices Calculation". A partir de ello, el software calculará los índices climáticos que sean factibles calcular a partir de los datos y generará los gráficos de salida, así como algunos PDF.

4.1.3.2. ANÁLISIS DE GRÁFICOS

Los gráficos generados son generados en series anuales, además de las tendencias calculadas por regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada) y regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida). En los gráficos se mostrarán las estadísticas del ajuste de curvas lineal y se almacenan en formato JPEG en un subdirectorio llamado plots. Así mismo, en los gráficos se destaca en la parte inferior el p-value el cual indica si la serie es estadísticamente significativa ($p\text{-value} < 0,05$); por lo que a continuación se consideraran los gráficos estadísticamente significativos.

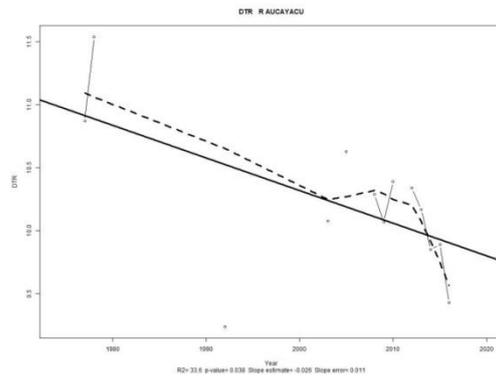
- AUCAYACU

Figura 33
Estación Aucayacu – CWD



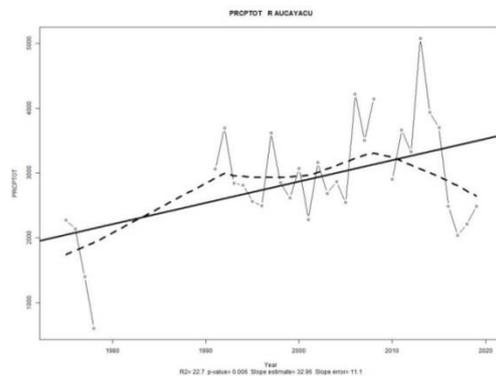
En el indicador CWD, el cuál determina el máximo número de días continuos con precipitación mayor a 1mm, se detecta correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el periodo analizado en la estación Aucayacu, lo que simboliza un incremento en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza, superando los 20 días con precipitación continua. Es decir que las lluvias en la zona se han vuelto más persistentes a lo largo de los años.

Figura 34
Estación Aucayacu – DTR



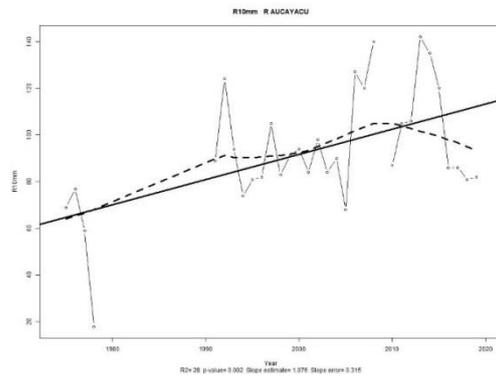
En el indicador DTR, se muestra una pendiente negativa pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias decrecen a lo largo de la serie histórica hasta por debajo de los 9.8°C, lo que indicaría que la temperatura nocturna ha incrementado notablemente, reduciendo la diferencia entre ambas y disminuyendo el rango de oscilación.

Figura 35
Estación Aucayacu –PRCPTOT



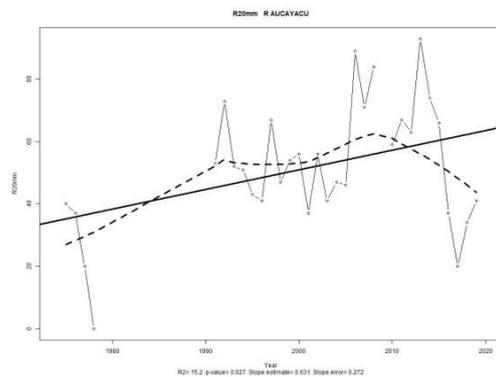
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual menor a los 2000 mm a los 3500 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 1.13 mm/día/año.

Figura 36
Estación Aucayacu- R10 mm



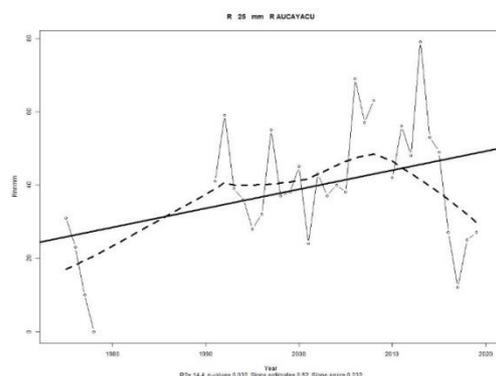
En el indicador R10 mm se detecta una correlación positiva, variando de 40 a 100 días al año, lo que indica una tendencia al aumento en 150% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

Figura 37
Estación Aucayacu –R20 mm



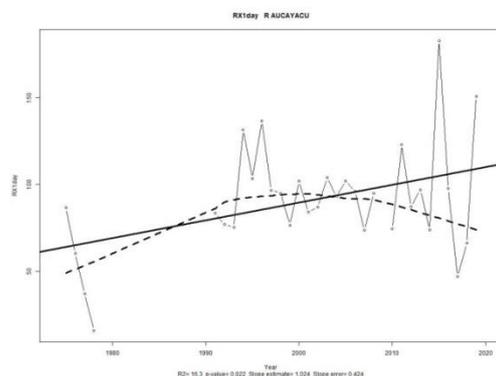
En el indicador R20 mm se detecta una correlación positiva, variando de 35 a 60 días al año, un incremento del 71% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 20 mm, en referencia al indicador anterior (R10mm), el R20 mm representaría un 60%.

Figura 38
Estación Aucayacu –R 25 mm



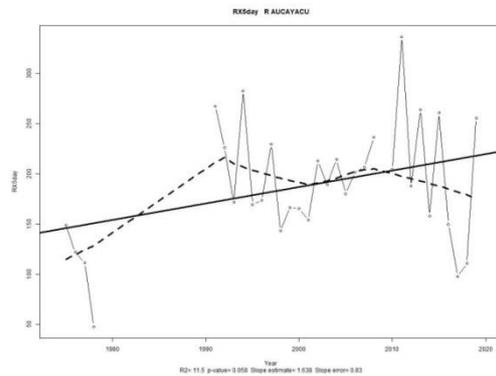
En el indicador R25 mm se detecta una correlación positiva, variando de 20 a 50 días al año, un incremento del 150% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 25 mm, en referencia al indicador anterior (R20mm), el R25 mm representaría un 83%.

Figura 39
Estación Aucayacu – RX1day



En el indicador RX1day, se detecta una tendencia al ascenso en los acumulados de precipitación máxima diaria calculada de manera anual, como se observa en la curva de análisis, se inicia con precipitaciones máximas diarias de 50 mm hasta alcanzar picos superiores a los 100 mm en los últimos años, un incremento del 100% (incluso un máximo histórico de 182.7 mm registrado el 8 de diciembre del 2015), lo que simboliza un incremento en la intensidad de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.

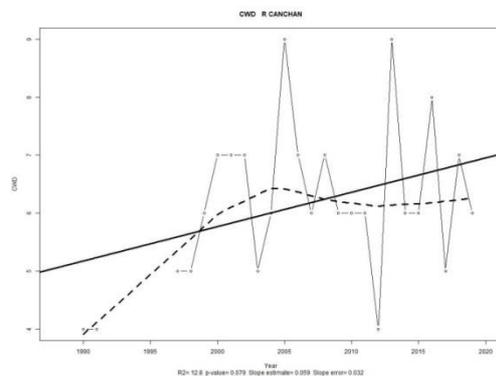
Figura 40
Estación Aucayacu – RX5day



En el indicador RX5day, se detecta una tendencia al ascenso en los acumulados de precipitación en un periodo de 5 días, como se observase inicia con precipitaciones máximas diarias de 100 mm hasta los 250 mm en los últimos años, un incremento del 150%, lo que simboliza mayor intensidad y persistencia de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.

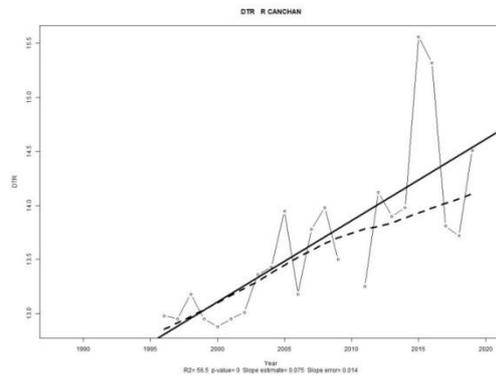
- **CANCHAN**

Figura 41
Estación Canchan – CWD



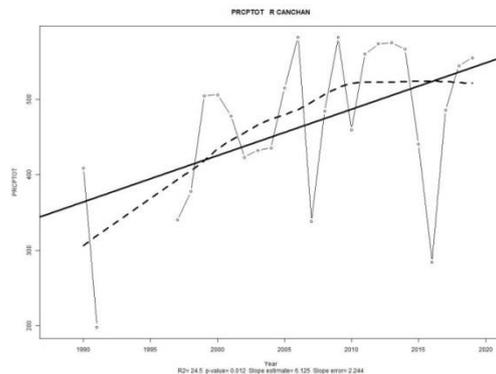
En el indicador CWD, se detecta una tendencia al ascenso en el periodo analizado, lo que simboliza un incremento en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza, alcanzando los 7 días con precipitación continua. Es decir que las lluvias en la zona se han vuelto más persistentes a lo largo de los años.

Figura 42
Estación Canchan – DTR



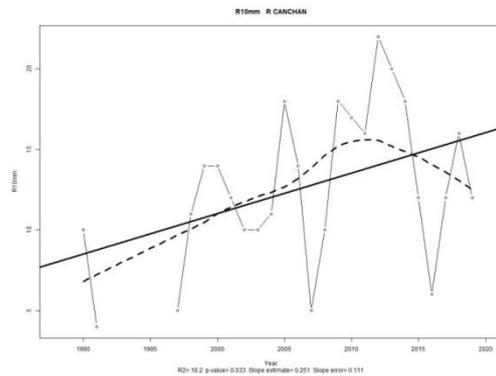
En el indicador DTR, se muestra una pendiente positiva pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias se incrementan a lo largo de la serie histórica hasta por encima de los 14.8°C, basado en los demás indicadores de temperatura máxima calculados para esta estación, podríamos deducir que la temperatura máxima ha incrementado notablemente, acrecentando la diferencia entre ambas y extendiendo el rango de oscilación.

Figura 43
Estación Canchan – PRCPTOT



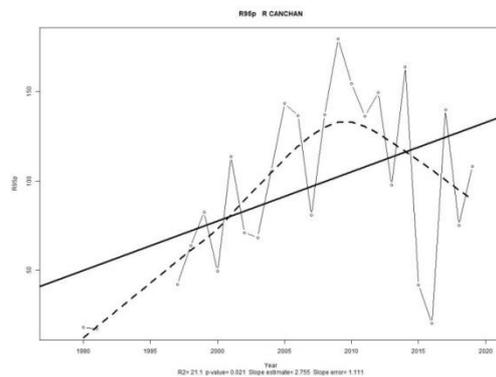
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual menor a los 350 mm a los 550 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 0.54 mm/día/año.

Figura 44
Estación Canchan – R10 mm



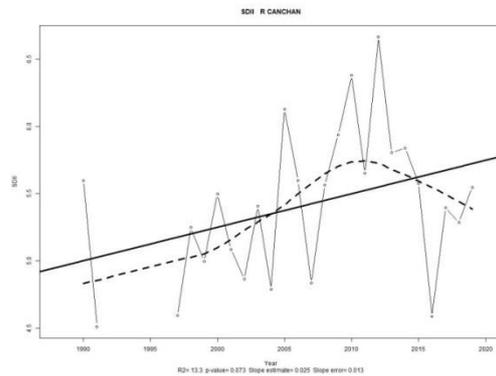
En el indicador R10 mm se detecta una correlación positiva, variando de 7 a 12 días al año, lo que indica una tendencia al aumento en 71% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

Figura 45
Estación Canchan – R95p



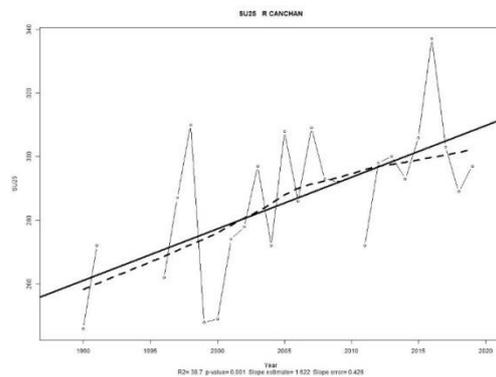
En el indicador R95p, el cuál determina el número de días, precipitaciones al año (en milímetros) que sobrepasan el percentil 95, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación, como se observa se inicia con precipitaciones máximas diarias de 40 hasta alcanzar picos superiores a los 150 días en los últimos años, un incremento del 275%, lo que simboliza un incremento en la cantidad de días con lluvias caracterizadas según el SENAMHI como “muy lluviosos”.

Figura 46
Estación Canchan– SDII



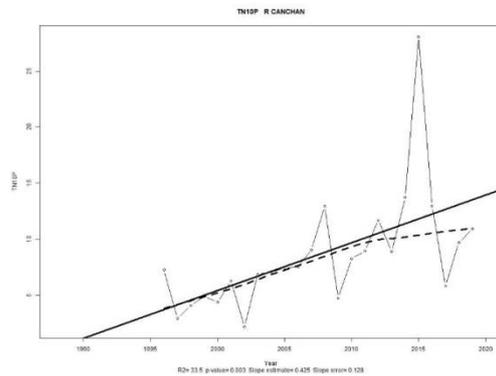
En el indicador SDII, el cuál determina la precipitación total anual dividida por el número de días húmedos en un año, se detecta una tendencia al ascenso en intensidad diaria de precipitación anual.

Figura 47
Estación Canchan– SU25



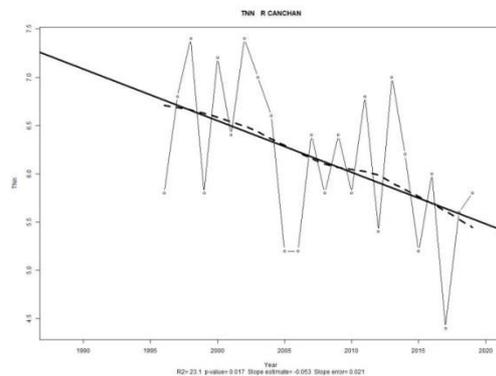
En el indicador SU25, se detecta una tendencia al ascenso, variando de 180 días a inicio del periodo de investigación hasta alcanzar picos superiores a los 300 días, lo que simboliza un incremento en el número de días en un año cuando las temperaturas diurnas son mayores a los 25°C.

Figura 48
Estación Canchan – TN10p



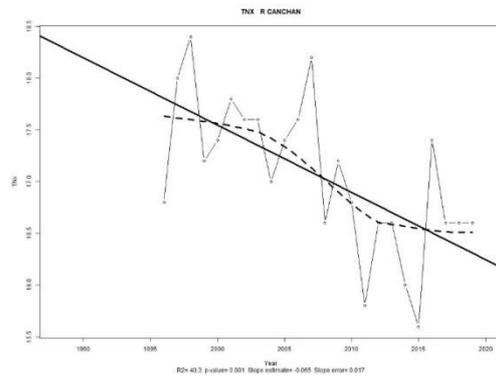
En el indicador TN10p, el cuál determina el porcentaje de días cuando la temperatura nocturna mayor al percentil 90, se detecta una tendencia al ascenso variando de 5 a 10 noches, lo que simbolizaría un incremento del 100% en el transcurso de los años.

Figura 49
Estación Canchan – TNN



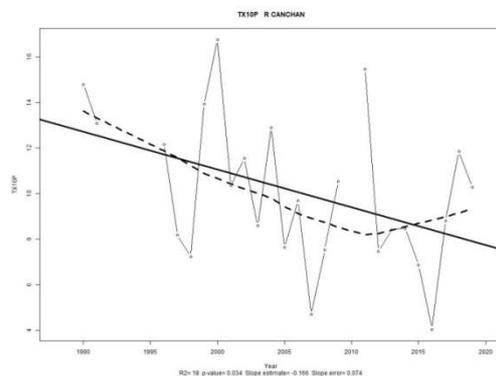
En el indicador TNN, el cuál determina el valor mensual más bajo de temperatura mínima diaria al año, se detecta una correlación negativa, con una tendencia al descenso en el transcurso de los años en la estación, variando de 7°C a 5.5°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas mínimas mensuales más bajas con el transcurrir del tiempo.

Figura 50
Estación Canchan –TNX



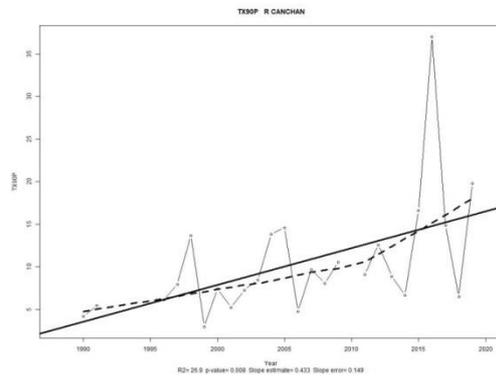
En el indicador TNX, el cuál determina el valor mensual máximo de temperatura mínima diaria, se detecta una correlación negativa, con una tendencia al descenso en el transcurso de los años en la estación, variando de 17°C a 16°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas máximas mensuales más bajos con el transcurrir del tiempo.

Figura 51
Estación Canchan –TX10p



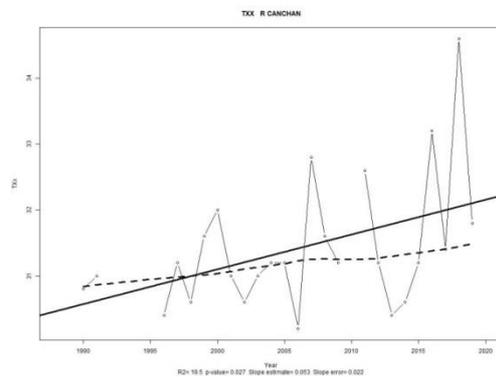
En el indicador TX10p, el cuál determina el porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima por debajo al percentil 10, se detecta una tendencia al descenso en el transcurso de los años en la estación Canchan, variando de 14 a 10 días, lo que significa que el número de días fríos disminuye con el tiempo.

Figura 52
Estación Canchan – TX90p



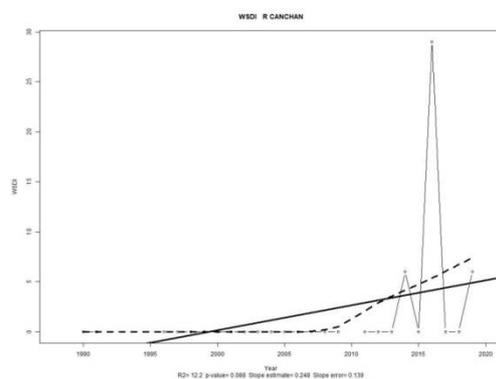
En el indicador TX90p, el cuál determina el porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima supera al percentil 90, se detecta una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación Canchan, variando de 5 a 15, lo que significa que el porcentaje de días cálidos aumenta con el transcurrir del tiempo.

Figura 53
Estación Canchan – TXX



En los indicadores TXX, el cuál determina el valor mensual máximo de temperatura máxima diaria, se detecta una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación Canchan, variando de 30.5° a 32°C, lo que significa que el valor más alto de temperatura máximas diurnas incrementan con el tiempo.

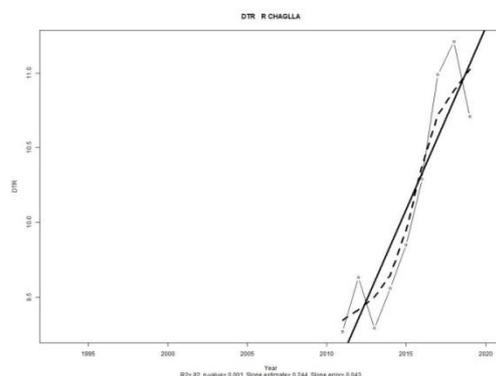
Figura 54
Estación Canchan – WSDI



En el indicador WSDI, el cuál determina el número de días con por lo menos 6 días consecutivos en temperaturas máximas por encima del percentil 90, se detecta una tendencia leve al incremento en el transcurso de los años, lo que significa un aumento en la duración de los periodos cálidos en el tiempo.

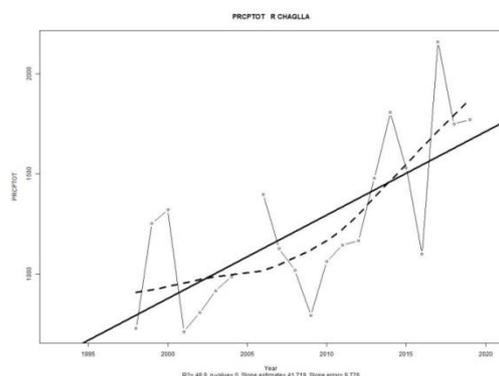
- CHAGLLA

Figura 55
Estación Chaglla – DTR



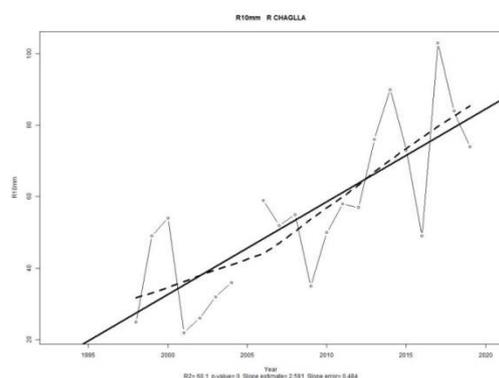
En el indicador DTR, se muestra una pendiente positiva pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias se incrementan a lo largo de la serie histórica hasta por encima de los 11°C, basado en los demás indicadores de temperatura máxima calculados para esta estación, podríamos deducir que la temperatura máxima ha incrementado notablemente, acrecentando la diferencia entre ambas y extendiendo el rango de oscilación.

Figura 56
Estación Chaglla – PRCPTOT



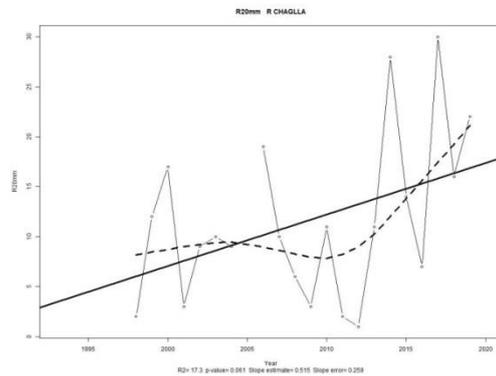
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual menor a los 1000 mm a los 1800 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 2.19 mm/día/año.

Figura 57
Estación Chaglla – R10 mm



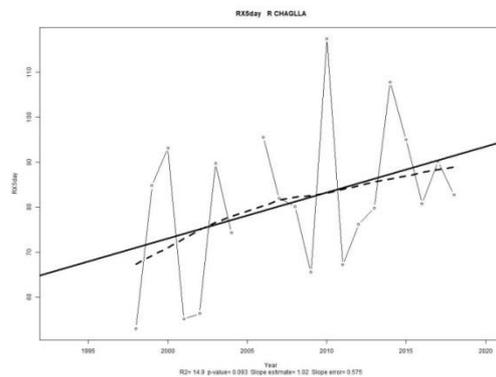
En el indicador R10 mm se detecta una correlación positiva, variando de 30 a 85 días al año, lo que indica una tendencia al aumento en 183% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

Figura 58
Estación Chaglla – R20 mm



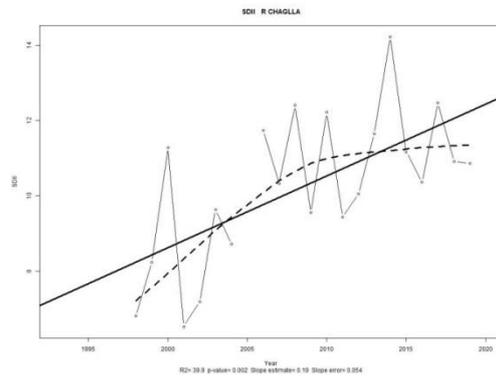
En el indicador R20 mm se detecta una correlación positiva, variando de 5 a 20 días al año, un incremento del 300% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 20 mm, en referencia al indicador anterior (R10mm), el R20 mm representaría un 23%.

Figura 59
Estación Chaglla – RX5day



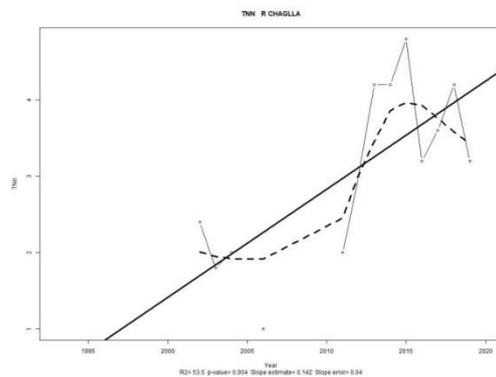
En el indicador RX5day, el cuál determina la cantidad de precipitación para el intervalo de cinco días, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al ascenso en la estación Chaglla, lo que simboliza un aumento en el acumulado máximo de precipitación cada 5 días.

Figura 60
Estación Chaglla - SDII



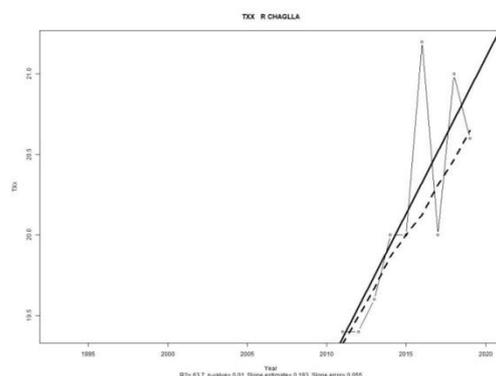
En el indicador SDII, el cuál determina la precipitación total anual dividida por el número de días húmedos en un año, se detecta una tendencia al ascenso en intensidad diaria de precipitación anual.

Figura 61
Estación Chaglla – TNN



En el indicador TNN, el cuál determina el valor mensual más bajo de temperatura mínima diaria al año, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación Chaglla, variando de 2°C a 4°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas mínimas mensuales más altas con el transcurrir del tiempo.

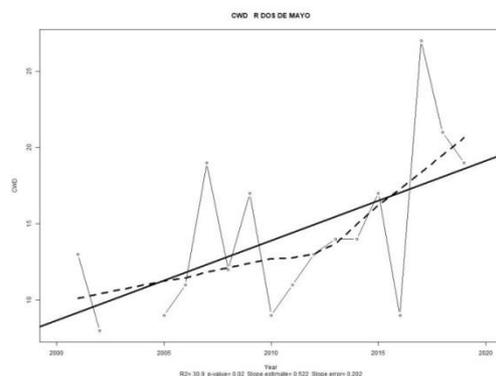
Figura 62
Estación Chaglla –TXX



En el indicador TXX, se detecta una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación Chaglla, variando de 20°C a 21°C, lo que significa que el valor mensual máximo de temperatura máxima diaria incrementa con el tiempo.

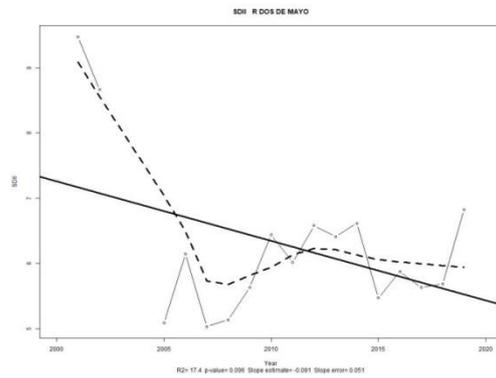
- **DOS DE MAYO**

Figura 63
Estación Dos de Mayo - CWD



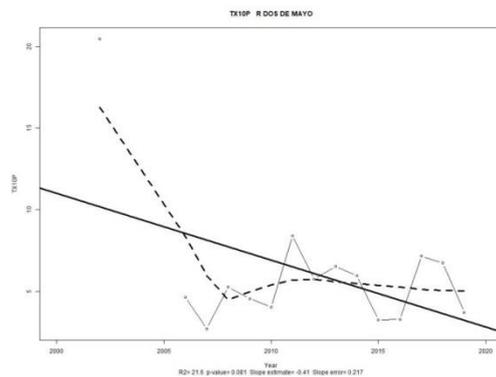
En el indicador CWD, se detecta correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el periodo analizado en la estación Dos de Mayo, lo que simboliza un incremento en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza, superando los 19 días con precipitación continua. Es decir que las lluvias en la zona se han vuelto más persistentes a lo largo de los años.

Figura 64
Estación Dos de Mayo – SDII



En el indicador SDII, el cuál determina la precipitación total anual dividida por el número de días húmedos en un año, se detecta una tendencia al ascenso en intensidad diaria de precipitación anual.

Figura 65
Estación Dos de Mayo – TX10p

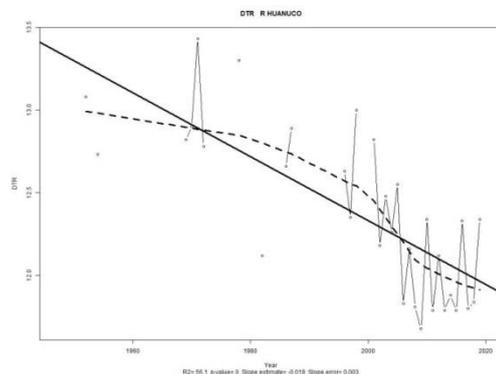


En el indicador TX10p, el cuál determina el porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima por debajo al percentil 10, se detecta una tendencia al descenso en el transcurso de los años en la estación Dos de Mayo, variando de 10 a 5 días, lo que significa que el número de días fríos disminuye con el tiempo.

- HUÁNUCO

Figura 66

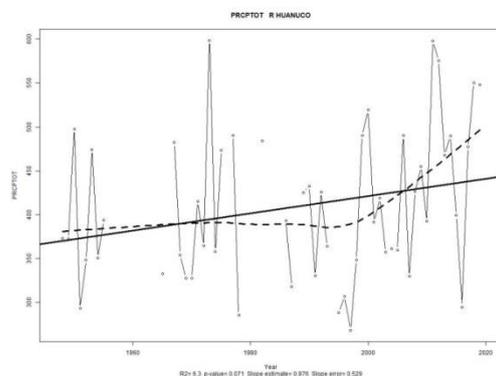
Estación Huánuco –DTR



En el indicador DTR, se muestra una pendiente negativa pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias decrecen a lo largo de la serie histórica hasta por debajo de los 12°C, lo que indicaría que la temperatura nocturna ha incrementado notablemente, reduciendo la diferencia entre ambas y disminuyendo el rango de oscilación.

Figura 67

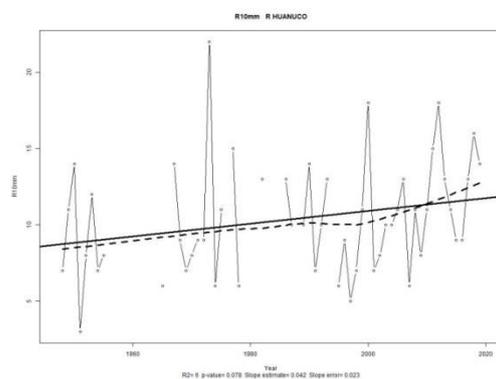
Estación Huánuco – PRCPTOT



El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual cercano a los 360 mm a los 450 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 0.25 mm/día/año.

Figura 68

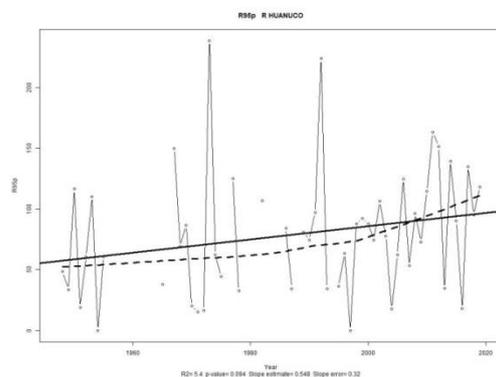
Estación Huánuco –R10 mm



En el indicador R10 mm se detecta una correlación positiva, variando de 8 a 12 días al año, lo que indica una tendencia al aumento en 50% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

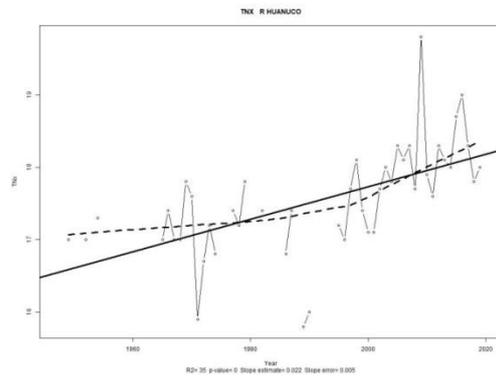
Figura 69

Estación Huánuco – Días muy lluviosos (R95p)



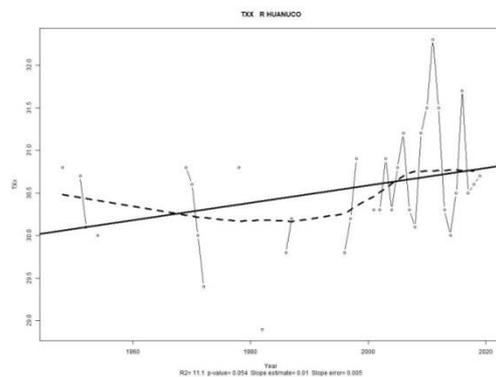
En el indicador R95p, el cual determina el número de días precipitaciones al año que sobrepasan el percentil 95, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación, como se observa se inicia con precipitaciones máximas diarias de 50 hasta alcanzar picos superiores a los 100 días en los últimos años, un incremento del 100%, lo que simboliza un incremento en la cantidad de días con lluvias caracterizadas según el SENAMHI como “muy lluviosos”.

Figura 70
Estación Huánuco – TNX



En el indicador TNX, el cuál determina el valor máximo de temperatura mínima diaria, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación Huánuco, variando de 17°C a 18°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas máximas mensuales más altas con el transcurrir del tiempo.

Figura 71
Estación Huánuco – TXX

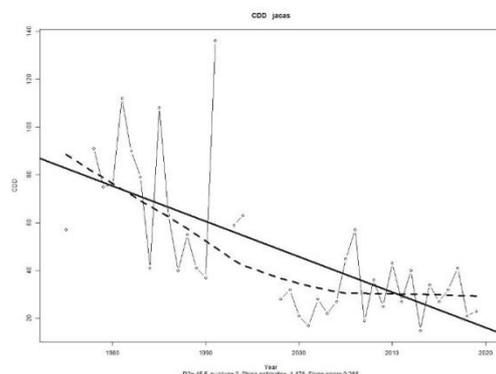


En el indicador TXX, el cual determina el valor mensual máximo de temperatura máxima diaria, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al ascenso lento en el transcurso de los años en la estación Huánuco, variando de 30°C a 31°C, lo que significa que el valor más alto mensual de temperaturas máximas diurnas incrementa con el tiempo.

- JACAS CHICO

Figura 72

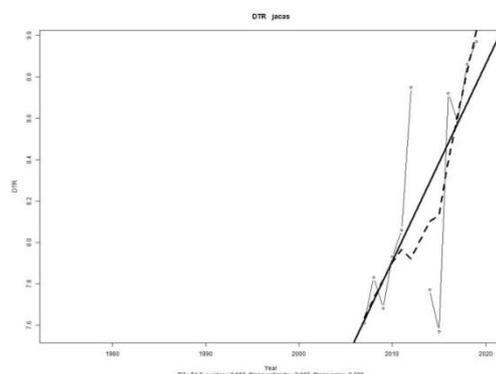
Estación Jacas Chico – CDD



En el indicador CDD, el cual determina el número de días consecutivos sin precipitación al año, se detecta una pendiente negativa pronunciada en la diferencia en el rango de oscilación, lo que indicaría una disminución significativa en la cantidad de días secos.

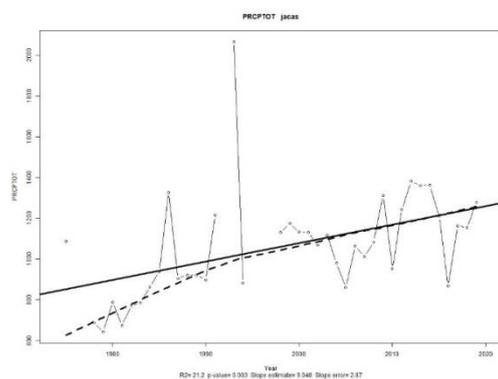
Figura 73

Estación Jacas Chico – DTR



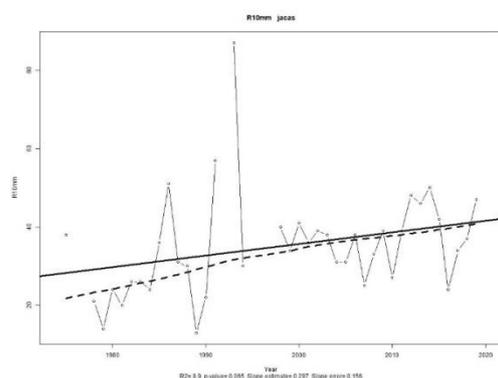
En el indicador DTR, se muestra una pendiente positiva pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias se incrementan a lo largo de la serie histórica hasta por encima de los 9°C, podríamos asumir que, la temperatura máxima calculados para esta estación, ha incrementado notablemente, acrecentando la diferencia entre ambas y extendiendo el rango de oscilación.

Figura 74
Estación Jacas Chico – PRCPTOT



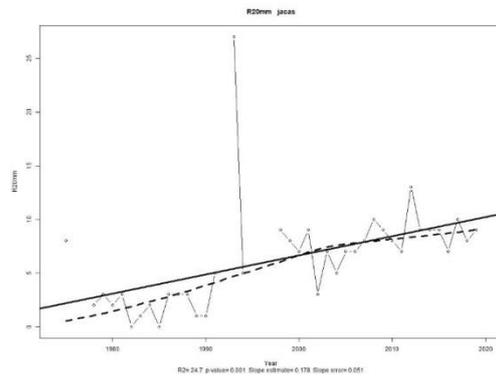
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual menor a los 800 mm a los 1200 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 1.1 mm/día/año.

Figura 75
Estación Jacas Chico – R10 mm



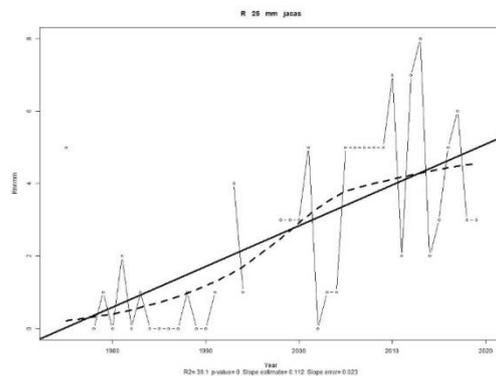
En el indicador R10 mm se detecta una correlación positiva, variando de 20 a 40 días al año, lo que indica una tendencia al aumento en 100% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

Figura 76
Estación Jacas Chico –R20 mm



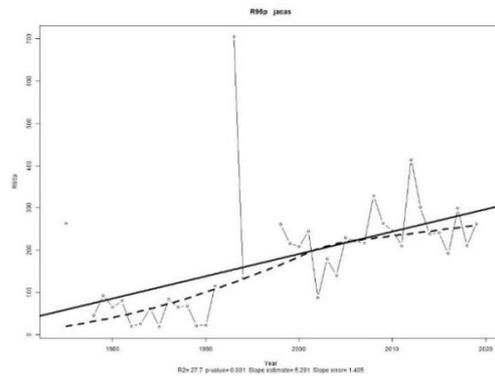
En el indicador R20 mm se detecta una correlación positiva, variando de 1 a 9 días al año, un incremento del 800% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 20 mm, en referencia al indicador anterior (R10mm), el R20 mm representaría un 22.5%.

Figura 77
Estación Jacas Chico –R25 mm



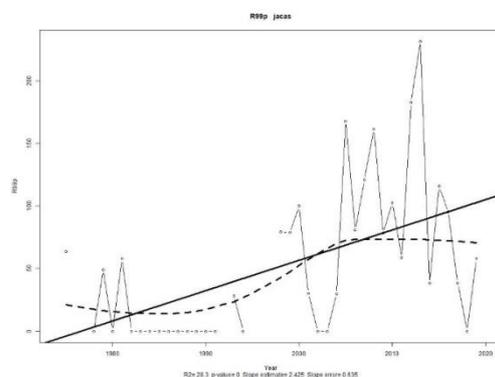
En el indicador R25 mm se detecta una correlación positiva, variando de 00 a 4 días al año, un incremento del 400% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 25 mm, en referencia al indicador anterior (R20mm), el R25 mm representaría un 44%.

Figura 78
Estación Jacas Chico –R95p



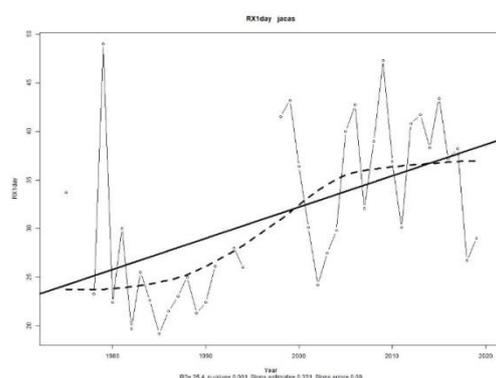
En el indicador R95p, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación, como se observa se inicia con precipitaciones máximas diarias de 50 hasta alcanzar picos superiores a los 280 días en los últimos años, un incremento del 460%, lo que simboliza un incremento en la cantidad de días con lluvias caracterizadas según el SENAMHI como “muy lluviosos”.

Figura 79
Estación Jacas Chico – R99p



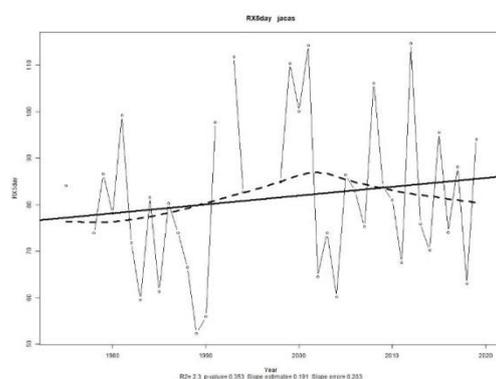
En el indicador R99p, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación, como se observa se inicia con precipitaciones máximas diarias de 25 hasta alcanzar picos superiores a los 100 días en los últimos años, un incremento del 300%, lo que simboliza un incremento en la cantidad de días con lluvias caracterizadas según el SENAMHI como “extremadamente lluviosos”.

Figura 80
Estación Jacas Chico – RX1day



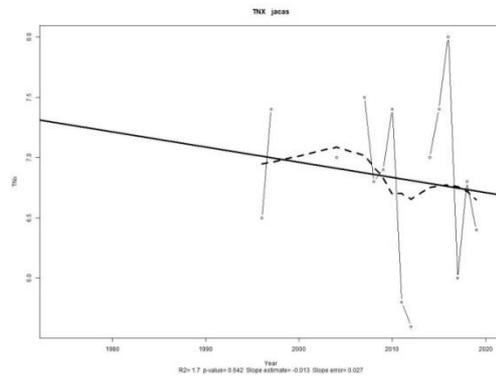
En el indicador RX1day, se detecta una tendencia al ascenso, como se observa que se inicia con precipitaciones máximas diarias de 24 mm hasta alcanzar picos superiores a los 40 mm en los últimos años, un incremento del 66% (incluso un máximo histórico de 47.3 mm registrado el 7 de febrero del 2009), lo que simboliza un incremento en la intensidad de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.

Figura 81
Estación Jacas Chico – RX5day



En el indicador RX5day, se detecta una tendencia leve al ascenso en los acumulados de precipitación en un periodo de 5 días, como se observa en la curva de análisis, se inicia con precipitaciones máximas diarias de 78 mm hasta alcanzar picos superiores a los 90 mm en los últimos años, un incremento del 15%, lo que simboliza mayor persistencia de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.

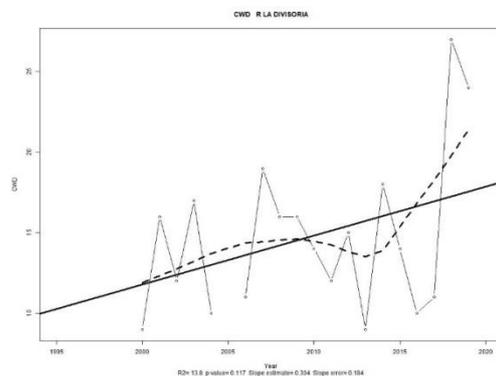
Figura 82
Estación Jacas Chico – TNX



En los indicadores TNX, con una tendencia al descenso en el transcurso de los años en la estación Jacas Chico, variando de 7°C a 6.5°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas máximas mensuales más bajas con el transcurrir del tiempo.

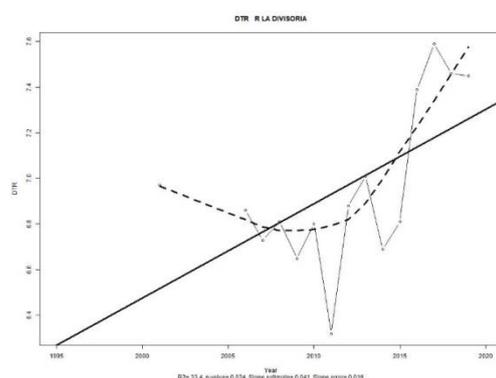
- LA DIVISORIA

Figura 83
Estación La Divisoria –CWD



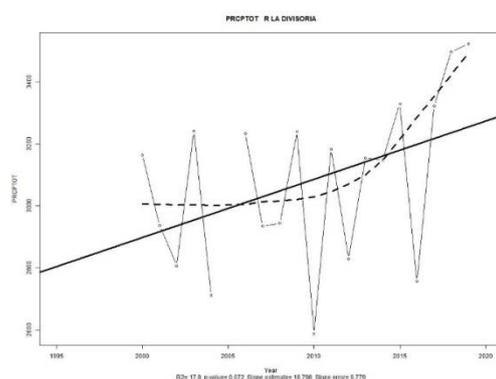
En el indicador CWD, se detecta correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el periodo analizado en la estación La Divisoria, lo que simboliza un incremento en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza, superando los 18 días con precipitación continua. Es decir que las lluvias en la zona se han vuelto más persistentes a lo largo de los años.

Figura 84
Estación La Divisoria – DTR



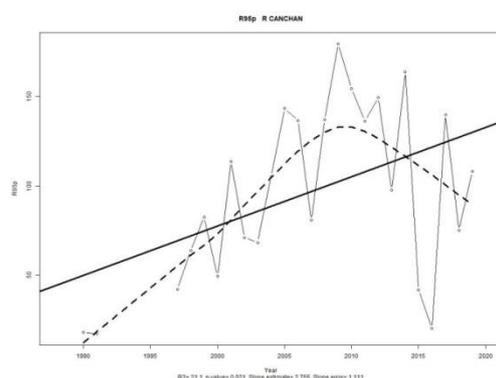
En el indicador DTR, se muestra una pendiente positiva pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias se incrementa a lo largo de la serie histórica hasta por encima de los 7.4°C.

Figura 85
Estación La Divisoria – PRCPTOT



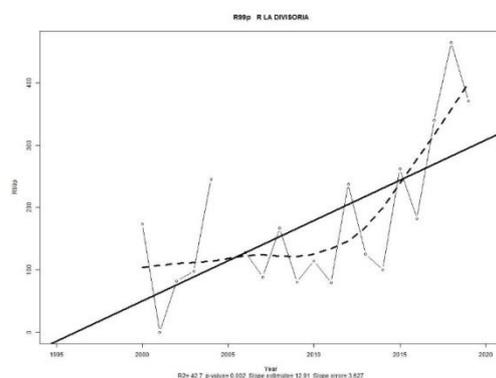
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual cercano a los 3000 mm a los 3400 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 1.1 mm/día/año.

Figura 86
Estación La Divisoria – R95p



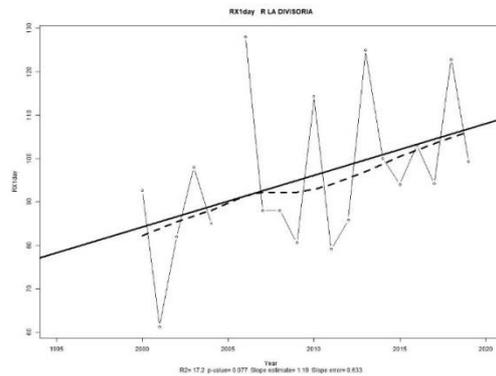
En el indicador R95p, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación, como se observa se inicia con precipitaciones máximas diarias de 50 hasta alcanzar picos superiores a los 150 días en los últimos años, un incremento del 200%, lo que simboliza un incremento en la cantidad de días con lluvias caracterizadas según el SENAMHI como “muy lluviosos”.

Figura 87
Estación La Divisoria – R99p



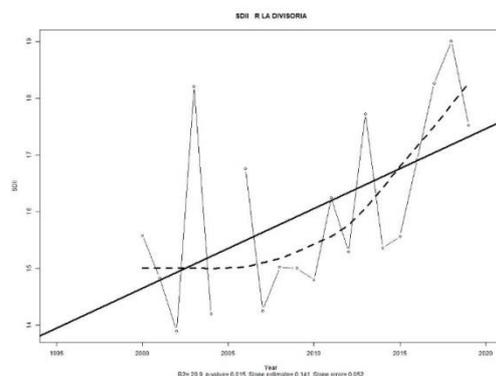
En el indicador R99p, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación, como se observa se inicia con precipitaciones máximas diarias de 100 hasta alcanzar picos superiores a los 300 días en los últimos años, un incremento del 200%, lo que simboliza un incremento en la cantidad de días con lluvias caracterizadas según el SENAMHI como “extremadamente lluviosos”.

Figura 88
Estación La Divisoria - RX1day



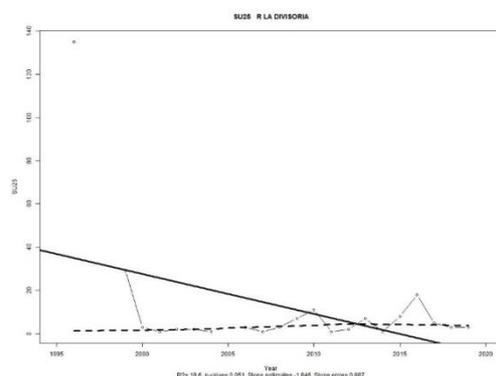
En el indicador RX1day, se detecta una tendencia al ascenso en los acumulados de precipitación máxima diaria calculada de manera anual, como se observa en la curva de análisis, se inicia con precipitaciones máximas diarias de 81 mm hasta alcanzar picos superiores a los 110 mm en los últimos años, un incremento del 35% (incluso un máximo histórico de 128 mm registrado el 26 de diciembre del 2006), lo que simboliza un incremento en la intensidad de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.

Figura 89
Estación La Divisoria – SDII



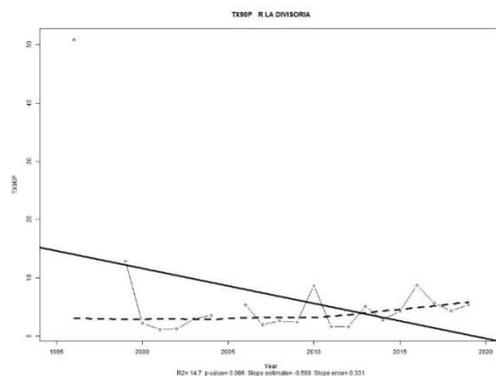
En el indicador SDII, el cuál determina la precipitación total anual dividida por el número de días húmedos en un año, se detecta una tendencia al ascenso en intensidad diaria de precipitación anual.

Figura 90
Estación La Divisoria – SU25



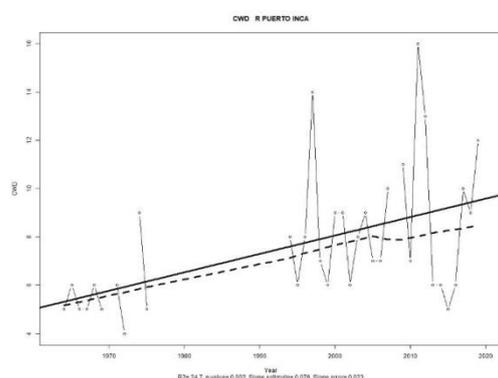
En los indicadores SU25, el cuál determina el número de días en un año cuando TX (máximo diario $>25^{\circ}$), se detecta una correlación positiva en la regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada), con una tendencia al leve ascenso, variando de 8 a 20 días en los últimos 10 años.

Figura 91
Estación La Divisoria – TX90p



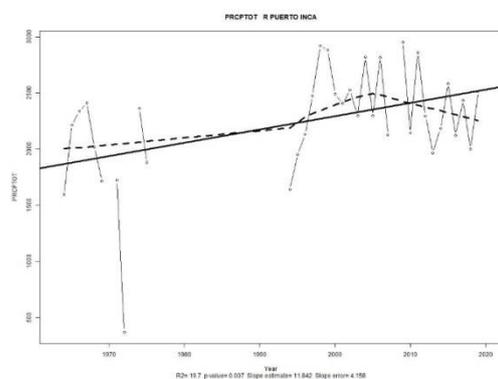
En los indicadores TX90p, el cuál determina el porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima supera al percentil 90, se detecta una correlación positiva en la regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada), con una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación La Divisoria, variando de 2 a 5, lo que significa que el porcentaje de días cálidos aumentan con el transcurrir del tiempo.

Figura 92
Estación Puerto Inca –CWD



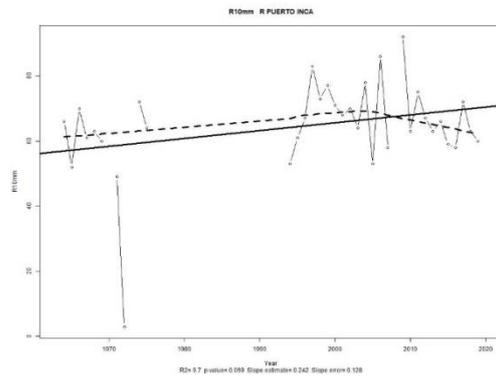
En el indicador CWD, el cuál determina el máximo número de días continuos con precipitación mayor a 1mm, se detecta correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el periodo analizado en la estación Puerto Inca, lo que simboliza un incremento en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza, superando los 10 días con precipitación continua. Es decir que las lluvias en la zona se han vuelto más persistentes a lo largo de los años.

Figura 93
Estación Puerto Inca – PRCPTOT



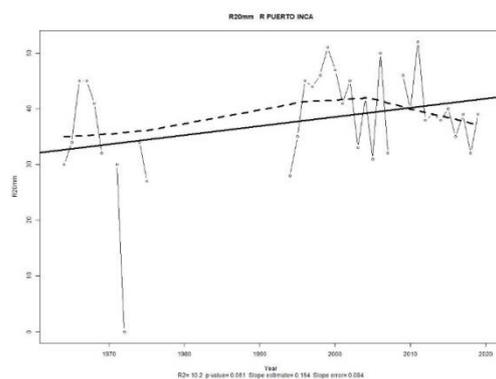
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual por cercano a los 2000 mm a los 2500 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 1.37 mm/día/año.

Figura 94
Estación Puerto Inca - R10 mm



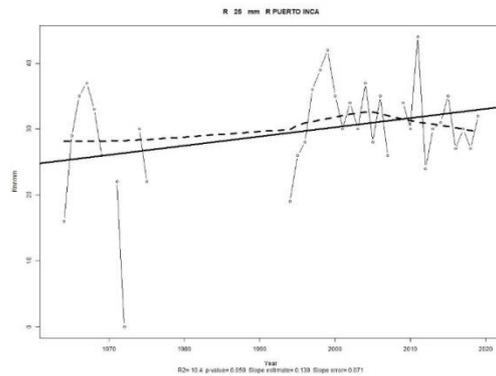
En el indicador R10 mm se detecta una correlación positiva, variando de 50 a 60 días al año, lo que indica una tendencia al aumento en 20% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

Figura 95
Estación Puerto Inca -R20 mm



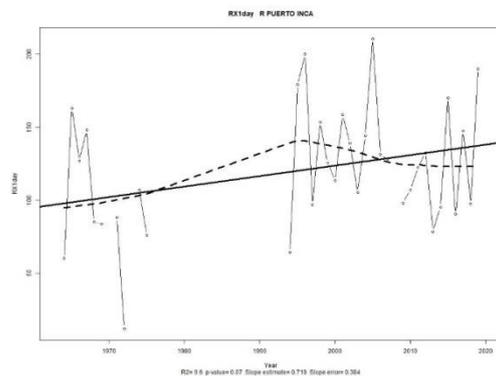
En el indicador R20 mm se detecta una correlación positiva, variando de 35 a 42 días al año, un incremento del 20% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 20 mm, en referencia al indicador anterior (R10mm), el R20 mm representaría un 70%.

Figura 96
Estación Puerto Inca – R 25 mm



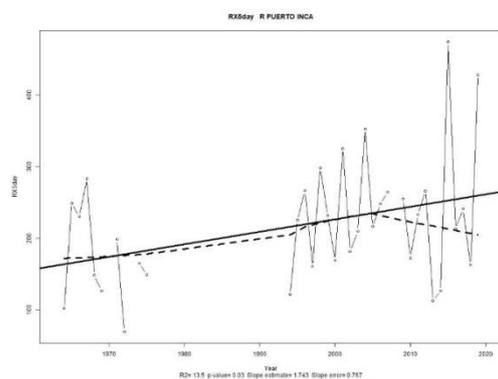
En el indicador R25 mm se detecta una correlación positiva, variando de 28 a 32 días al año, un incremento del 14% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 25 mm, en referencia al indicador anterior (R20mm), el R25 mm representaría un 76%.

Figura 97
Estación Puerto Inca – RX1day



En el indicador RX1day, se detecta una tendencia al ascenso en los acumulados de precipitación máxima diaria calculada de manera anual, como se observa en la curva de análisis, se inicia con precipitaciones máximas diarias de 98 mm hasta alcanzar picos superiores a los 140 mm en los últimos años, un incremento del 43% (incluso un máximo histórico de 210 mm registrado el 07 de diciembre del 2005), lo que simboliza un incremento en la intensidad de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.

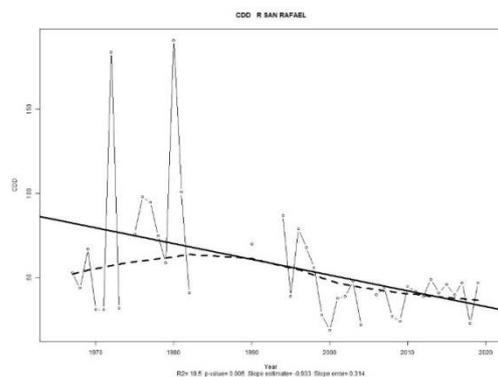
Figura 98
Estación Puerto Inca – RX5day



En el indicador RX5day, se detecta una tendencia al ascenso en los acumulados de precipitación en un periodo de 5 días, como se observa en la curva de análisis, se inicia con precipitaciones máximas diarias de 150 mm hasta alcanzar picos superiores a los 300 mm en los últimos años, un incremento del 200%, lo que simboliza mayor intensidad y persistencia de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.

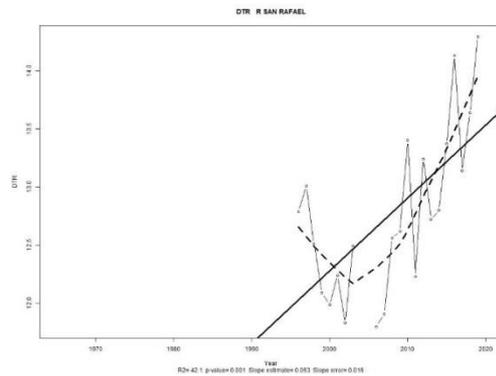
- **SAN RAFAEL**

Figura 99
Estación San Rafael – CDD



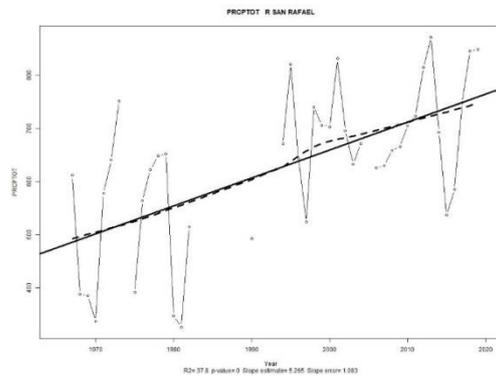
En el indicador CDD, el cuál determina el número de días consecutivos sin precipitación al año, se detecta una pendiente negativa pronunciada en la diferencia en el rango de oscilación, lo que indicaría una disminución significativa en la cantidad de días secos.

Figura 100
Estación San Rafael – DTR



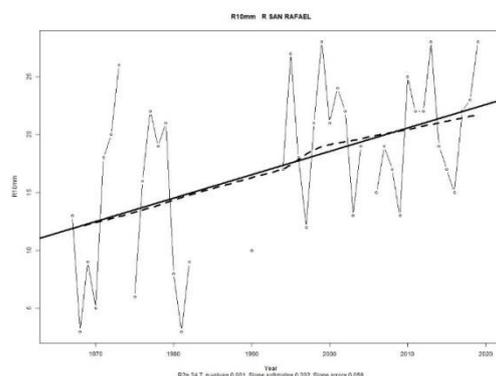
En el indicador DTR, se muestra una pendiente positiva pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias se incrementan a lo largo de la serie histórica hasta por encima de los 13.5°C, basado en los demás indicadores de temperatura máxima calculados para esta estación, podríamos deducir que, la temperatura máxima ha incrementado notablemente, acrecentando la diferencia entre ambas y extendiendo el rango de oscilación

Figura 101
Estación San Rafael – PRCPTOT



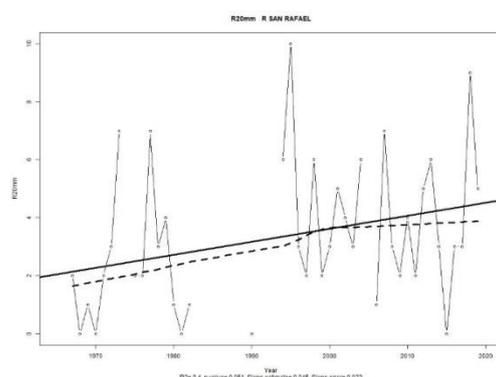
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia al ascenso, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual por cercano a los 480 mm a los 790 mm al año, lo que significa una tasa promedio de 0.85 mm/día/año.

Figura 102
Estación San Rafael – R10 mm



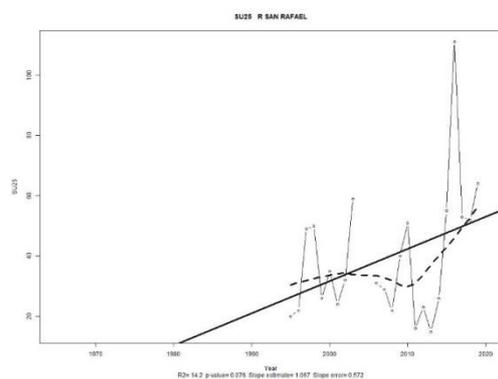
En el indicador R10 mm se detecta una correlación positiva, variando de 12 a 23 días al año, lo que indica una tendencia al aumento en 92% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

Figura 103
Estación San Rafael –R20 mm



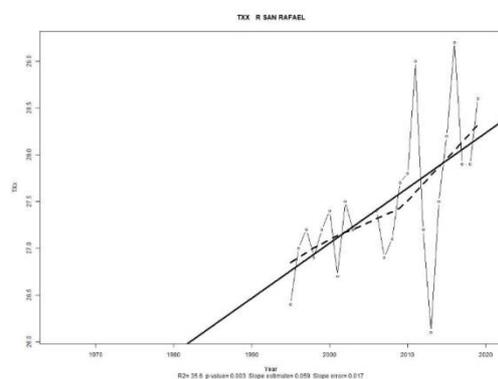
En el indicador R20 mm se detecta una correlación positiva, variando de 2 a 4 días al año, un incremento del 100% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 20 mm, en referencia al indicador anterior (R10mm), el R20 mm representaría un 17%.

Figura 104
Estación San Rafael – SU25



En el indicador SU25, se detecta una tendencia al ascenso, variando de 30 días a inicio del periodo de investigación hasta alcanzar picos superiores a los 60 días, lo que simboliza un incremento en el número de días en un año cuando las temperaturas diurnas son mayores a los 25°C.

Figura 105
Estación San Rafael – TXX

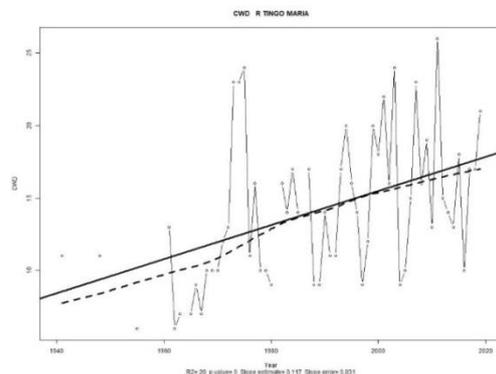


En el indicador TXX, el cual determina el valor mensual máximo de temperatura máxima diaria, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación San Rafael, variando de 27°C a 28.5°C, lo que significa que el valor más alto mensual de temperatura máximas diurnas incrementan con el tiempo.

- TINGO MARÍA

Figura 106

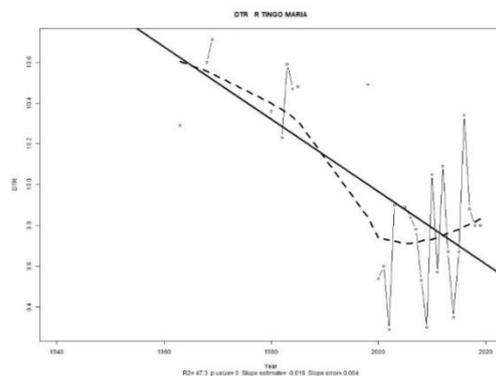
Estación Tingo María –CWD



En el indicador CWD, se detecta una tendencia al ascenso en el periodo analizado, lo que simboliza un incremento en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza, superando los 18 días. Es decir que las lluvias en la zona se han vuelto más persistentes.

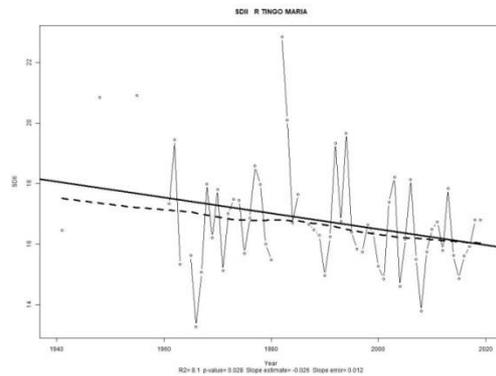
Figura 107

Estación Tingo María – DTR



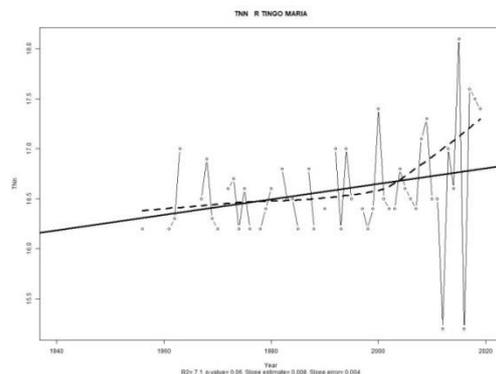
En el indicador DTR, se muestra una pendiente negativa pronunciada, observando que la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias se incrementan a lo largo de la serie histórica por debajo de los 9.6°C, basado en los demás indicadores de temperatura máxima calculados para esta estación, podríamos deducir que la temperatura nocturna ha incrementado notablemente, disminuyendo la diferencia entre ambas y reduciendo el rango de oscilación.

Figura 108
Estación Tingo María –SDII



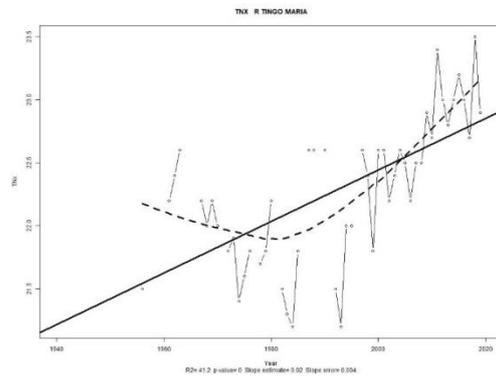
En el indicador SDII, el cual determina la precipitación total anual dividida por el número de días húmedos en un año, se detecta una tendencia al descenso en intensidad diaria de precipitación anual.

Figura 109
Estación Tingo María – TNN



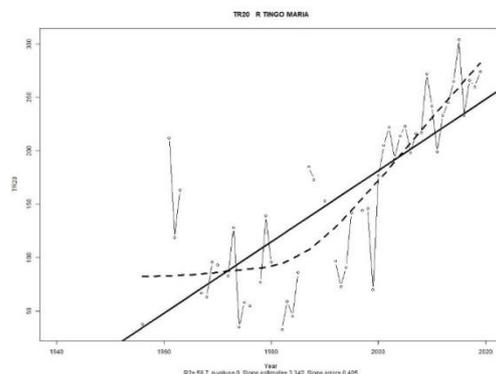
En el indicador TNN, el cual determina el valor mensual más bajo de temperatura mínima diaria al año, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación, variando de 16°C a 17°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas mínimas mensuales más altas con el transcurrir del tiempo.

Figura 110
Estación Tingo María – TNX



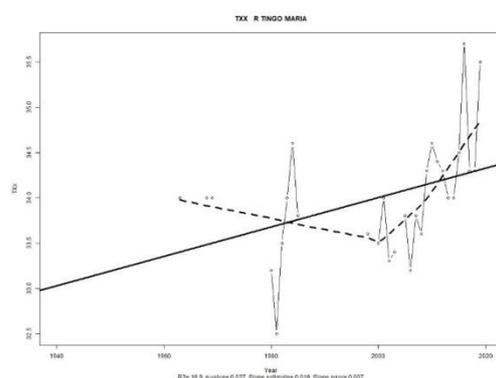
En el indicador TNX, el cual determina el valor mensual máximo de temperatura mínima diaria, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación Tingo María, variando de 22°C a 23°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas máximas mensuales más altos con el transcurrir del tiempo.

Figura 111
Estación Tingo María – TR20



En el indicador TR20, el cual determina número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C., se detecta una correlación positiva, con una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación Tingo María, variando de 80 a 280 días, lo que significa un incremento en las noches cálidas con el transcurrir del tiempo.

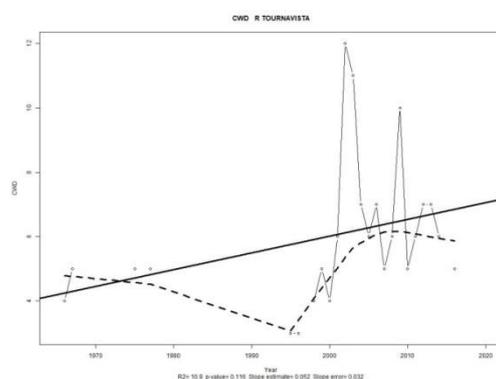
Figura 112
Estación Tingo María – TXX



En el indicador TXX, el cual determina el valor mensual máximo de temperatura máxima diaria, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación Tingo María, variando de 33°C a 34.5°C, lo que significa que el valor más alto mensual de temperaturas máximas diurnas incrementa con el tiempo.

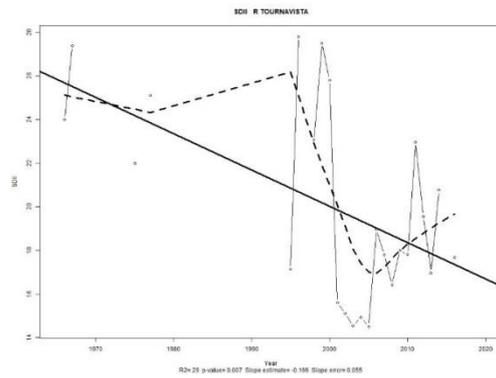
- TOURNAVISTA

Figura 113
Estación Tournavista –CWD



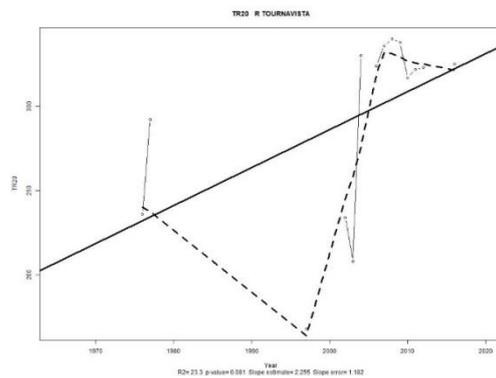
En el indicador CWD, se detecta correlación positiva, con una tendencia al ascenso en el periodo analizado en la estación Tournavista, lo que simboliza un incremento en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza, superando los 7 días con precipitación continua. Es decir que las lluvias en la zona se han vuelto más persistentes.

Figura 114
Estación Tournavista –SDII



En el indicador SDII, el cual determina la precipitación total anual dividida por el número de días húmedos en un año, se detecta una tendencia al descenso en intensidad diaria de precipitación anual.

Figura 115
Estación Tournavista – TR20

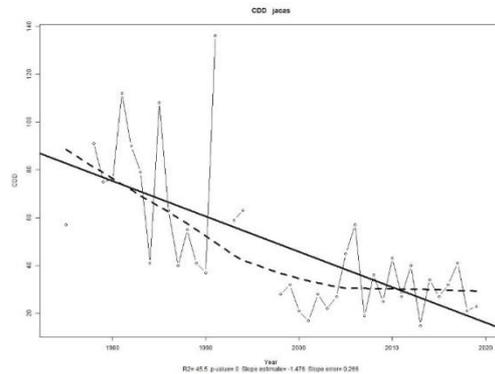


En el indicador TR20, el cual determina número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C, se detecta una correlación positiva, con una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación Tournavista, variando de 220 a 320 días, lo que significa un incremento en las noches cálidas con el transcurrir del tiempo.

- TULUMAYO

Figura 116

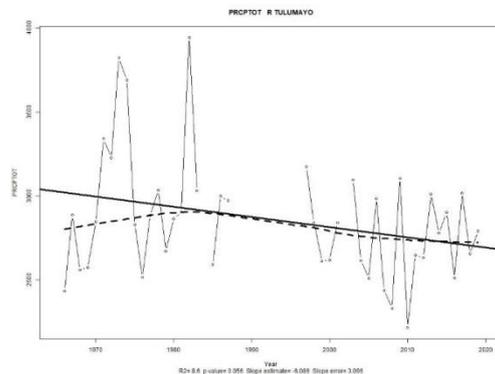
Estación Tulumayo – CDD



En el indicador CDD, el cual determina el número de días consecutivos sin precipitación al año, se detecta una pendiente negativa pronunciada en la diferencia en el rango de oscilación, lo que indicaría una disminución significativa en la cantidad de días secos.

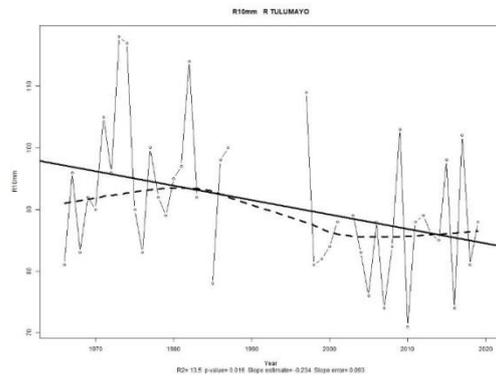
Figura 117

Estación Tulumayo – PRCPTOT



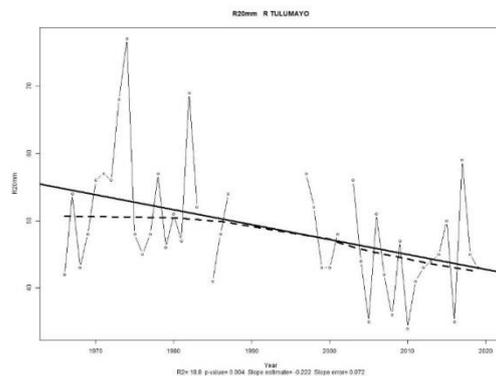
El índice de precipitación acumulada anual presenta tendencia descendente, durante el periodo de estudio ha pasado de tener un acumulado anual por cercano a los 2700 mm a los 2600 mm al año, lo que significa una tasa promedio de -0.27 mm/día/año.

Figura 118
Estación Tulumayo – R10 mm



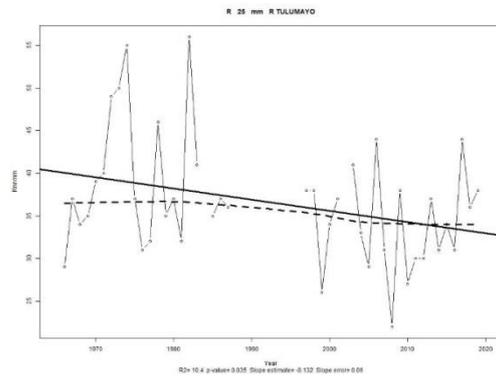
En el indicador R10 mm se detecta una correlación negativa, variando de 90 a 85 días al año, lo que indica una tendencia al descenso en 6% en los días de precipitación con acumulados mayores a 10 mm al año.

Figura 119
Estación Tulumayo – R20 mm



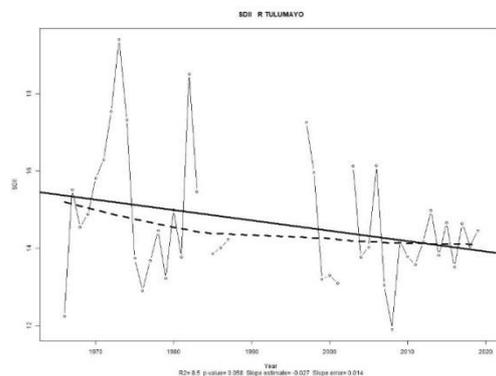
En el indicador R20 mm se detecta una correlación negativa, variando de 50 a 42 días al año, un descenso del 16% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 20 mm, en referencia al indicador anterior (R10mm), el R20 mm representaría un 49%.

Figura 120
Estación Tulumayo –R25mm



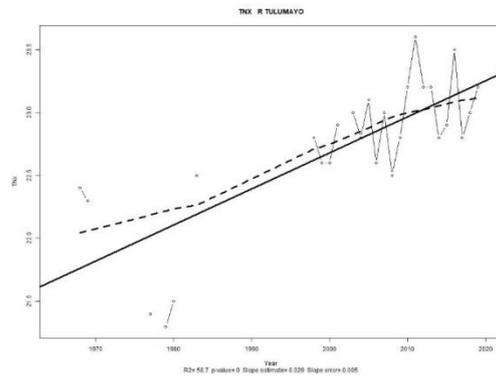
En el indicador R25 mm se detecta una correlación negativa, variando de 37 a 34 días al año, un descenso del 8% en el número de días de precipitación con acumulados mayores a 25 mm, en referencia al indicador anterior (R20mm), el R25 mm representaría un 84%.

Figura 121
Estación Tulumayo – SDII



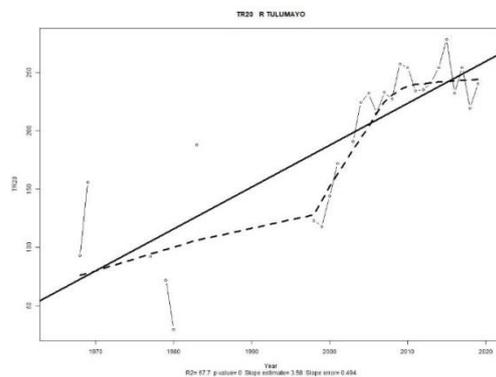
En el indicador SDII, el cual determina la precipitación total anual dividida por el número de días húmedos en un año, se detecta una tendencia al descenso en intensidad diaria de precipitación anual.

Figura 122
Estación Tulumayo – TNX



En el indicador TNX, el cual determina el valor mensual máximo de temperatura mínima diaria, se detecta una tendencia al ascenso en el transcurso de los años en la estación Tulumayo, variando de 22°C a 23°C, lo que significa que se alcanzaron valores de temperaturas nocturnas máximas mensuales más altos con el transcurrir del tiempo.

Figura 123
Estación Tulumayo – TR20



En el indicador TR20, el cual determina número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C. Se detecta una correlación positiva, con una tendencia al incremento en el transcurso de los años en la estación Tulumayo, variando de 80 a 250 días, lo que significa un incremento en las noches cálidas con el transcurrir del tiempo.

4.2.1. PRUEBA SOBRE TODOS LOS COEFICIENTES

Suponiendo que tenemos un modelo de regresión múltiple:

$$y_i \sim N(\mu_i, \sigma^2)$$

$$\mu_i = \beta_0 + \beta_{1x1i} + \beta_{2x2i} + \dots + \beta_{kxki},$$

$$\sigma^2 = \text{constante}$$

Basándonos en este modelo, podemos preguntarnos si alguna de las co-variables aporta información al modelo, o si ninguna de ellas aporta información al modelo. Este escepticismo se puede resumir simbólicamente mediante el siguiente conjunto hipótesis.

$$H_1: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_K = 0$$

$$H_0 = \text{al menos uno de los } \beta_j \neq 0 \text{ con } j = 1, 2, \dots, k,$$

Es por ello, que para comprobar la hipótesis anterior se utiliza la prueba de significancia de la regresión.

Por lo tanto, de acuerdo a la prueba analizaremos cada índice por separado para determinar la variabilidad calculada por el modelo de Regresión utilizado por el modelo CLIMDEX.

4.2.1.1. INDICE CDD

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el Número máximo de días secos consecutivos (TABLA N°5), el modelo de regresión explica la variabilidad en 4 estaciones.

Tabla 5
Variabilidad Total – CDD

INDICE		CDD		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN		NA		
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO	45.5	0	-1.476	0.266
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL	18.5	0.005	-0.933	0.314
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA	12.6	0.088	-0.274	0.154
TULUMAYO	45.5	0	-1.476	0.266

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes CDD - CLIMDEX

En la tabla 5 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice CDD en 4 estaciones.

4.2.1.2. INDICE CWD

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el Número máximo de días consecutivos con $RR \geq 1\text{mm}$ (Tabla 6), el modelo de regresión explica la variabilidad en 6 estaciones.

Tabla 6
Variabilidad Total – CWD

INDICE		CWD		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU	25.4	0.003	0.357	0.109
CANCHAN	12.8	0.079	0.059	0.032
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO	30.9	0.02	0.522	0.202
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA	13.8	0.017	0.304	0.184
PUERTO INCA	24.7	0.002	0.076	0.023
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA	20	0	0.117	0.031
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes CWD – CLIMDEX

En la tabla 6 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice CDD en 6 estaciones.

4.2.1.3. INDICE DTR

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas para cada año (Tabla 7), el modelo de regresión explica la variabilidad en 8 estaciones.

Tabla 7
Variabilidad Total – DTR

INDICE		DTR		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU	33.6	0.038	-0.026	0.011
CANCHAN	56.5	0	0.075	0.014
CHAGLLA	82	0.001	0.244	0.043
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO	56.1	0	-0.019	0.003
JACAS CHICO	51.9	0.008	0.095	0.029
LA DIVISORIA	33.4	0.024	0.041	0.016
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL	42.1	0.001	0.063	0.016
TINGO MARÍA	47.3	0	-0.018	0.004
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes DTR - CLIMDEX

En la tabla 7 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice DTR en 8 estaciones.

4.2.1.4. INDICE PRCPTOT

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el acumulado de precipitación en el día (Tabla 8), el modelo de regresión explica la variabilidad en 9 estaciones.

Tabla 8
Variabilidad Total – PRCPTOT

INDICE		PRCPTOT		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU	22.7	0.006	32.96	11.1
CANCHAN	24.5	0.012	6.125	2.244
CHAGLLA	48.9	0	41.719	9.779
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO	6.3	0.071	0.976	0.529
JACAS CHICO	21.2	0.003	9.048	2.87
LA DIVISORIA	17.8	0.072	18.798	9.779
PUERTO INCA	19.7	0.007	11.842	4.158
SAN RAFAEL	37.8	0	5.265	1.083
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO	8.6	0.056	-6.086	3.096

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes PRCPTOT- CLIMDEX.

En la tabla 8 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice PRCPTOT en 9 estaciones.

4.2.1.5. INDICE R10mm

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar la cantidad de días con precipitación mayor a 10 mm (Tabla 9), el modelo de regresión explica la variabilidad en 9 estaciones.

Tabla 9
Variabilidad Total – R10mm

INDICE		R10mm		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU	28	0.002	1.076	0.315
CANCHAN	18.2	0.033	0.251	0.111
CHAGLLA	60.1	0	2.591	0.484
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO	6	0.078	0.042	0.023
JACAS CHICO	8.9	0.065	0.297	0.156
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA	9.7	0.069	0.242	0.128
SAN RAFAEL	9.4	0.051	0.045	0.022
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO	13.5	0.016	-0.234	0.093

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes R10mm- CLIMDEX

En la tabla 9 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice R10MM en 8 estaciones.

4.2.1.6. INDICE R20mm

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar la cantidad de días con precipitación mayor a 20 mm (Tabla 10), el modelo de regresión explica la variabilidad en 5 estaciones.

Tabla 10
Variabilidad Total – R20mm

INDICE		R20 mm		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU	15.2	0.027	0.631	0.272
CANCHAN		NA		
CHAGLLA	17.3	0.061	0.515	0.259
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO	24.7	0.001	0.178	0.051
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA	10.2	0.061	0.164	0.084
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO	18.8	0.004	-0.222	0.072

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes R20mm- CLIMDEX.

En la tabla 10 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice R20mm en 5 estaciones.

4.2.1.7. INDICE R25mm

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar la cantidad de días con precipitación mayor a 25 mm (Tabla 11), el modelo de regresión explica la variabilidad en 4 estaciones.

Tabla 11
Variabilidad Total – R25mm

INDICE	R25 mm				
	ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU	14.4	0.032	0.52	0.232	
CANCHAN		NA			
CHAGLLA		NA			
DOS DE MAYO		NA			
HUÁNUCO		NA			
JACAS CHICO	39.1	0	0.112	0.023	
LA DIVISORIA		NA			
PUERTO INCA	10.4	0.059	0.139	0.071	
SAN RAFAEL		NA			
TINGO MARÍA		NA			
TOURNAVISTA		NA			
TULUMAYO	10.4	0.035	-0.132	0.06	

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes R25mm- CLIMDEX

En la tabla 11 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice R20mm en 4 estaciones.

4.2.1.8. INDICE R95p

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar las precipitaciones al año (en milímetros) que sobrepasan el percentil 95 (Tabla 12), el modelo de regresión explica la variabilidad en 4 estaciones.

Tabla 12
Variabilidad Total – R95p

INDICE		R95 p		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	21.1	0.021	2.755	1.111
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO	5.4	0.094	0.548	0.32
JACAS CHICO	27.7	0.001	5.291	1.405
LA DIVISORIA	21.1	0.021	2.755	1.111
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes R95p- CLIMDEX.

En la tabla 12 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice R95p en 4 estaciones.

4.2.1.9. INDICE R99p

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar las precipitaciones al año (en milímetros) que sobrepasan el percentil 99 (Tabla 13), el modelo de regresión explica la variabilidad en 2 estaciones.

Tabla 13
Variabilidad Total – R95p

INDICE		R99 p		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN		NA		
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO	28.3	0	2.425	0.635
LA DIVISORIA	42.7	0.002	12.91	3.627
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes R99p- CLIMDEX.

En la tabla 13 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice R99p en 2 estaciones.

4.2.1.10. INDICE RX1day

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el total diario de precipitación diaria en un año. (Tabla 14), el modelo de regresión explica la variabilidad en 4 estaciones.

Tabla 14

Variabilidad Total – RX1day

INDICE		RX1day		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU	16.3	0.022	1.024	0.424
CANCHAN		NA		
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO	25.4	0.001	0.321	0.09
LA DIVISORIA	17.2	0.077	1.19	0.633
PUERTO INCA	9.6	0.07	0.719	0.384
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes RX1day- CLIMDEX.

En la tabla 14 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice RX1day en 4 estaciones.

4.2.1.11. INDICE RX5day

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el total diario de precipitación diaria en un año. (Tabla 15), el modelo de regresión explica la variabilidad en 4 estaciones.

Tabla 15

Variabilidad Total – RX5day

INDICE		RX5day			
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error	
AUCAYACU	11.5	0.058		1.638	0.83
CANCHAN		NA			
CHAGLLA	14.9	0.093		1.02	0.575
DOS DE MAYO		NA			
HUÁNUCO		NA			
JACAS CHICO	2.3	0.353		0.191	0.203
LA DIVISORIA		NA			
PUERTO INCA	13.5	0.03		1.743	0.767
SAN RAFAEL		NA			
TINGO MARÍA		NA			
TOURNAVISTA		NA			
TULUMAYO		NA			

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes RX5day- CLIMDEX.

En la tabla 15 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice RX5day en 4 estaciones.

4.2.1.12. INDICE SDII

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar la precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP >1.0 MM EN UN AÑO). (Tabla 16), el modelo de regresión explica la variabilidad en 6 estaciones.

Tabla 16
Variabilidad Total – SDII

INDICE		SDII		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	13.3	0.073	0.025	0.013
CHAGLLA	39.9	0.002	0.19	0.054
DOS DE MAYO	17.4	0.096	-0.091	0.051
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA	29.9	0.015	0.141	0.052
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA	29	0.007	-0.166	0.055
TULUMAYO	8.5	0.058	-0.027	0.014

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes SDII- CLIMDEX.

En la tabla 16 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice SDII en 6 estaciones.

4.2.1.13. INDICE SU25

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el número de días en un año cuando TX (máximo diario $>25^{\circ}$). (Tabla 17), el modelo de regresión explica la variabilidad en 4 estaciones.

Tabla 17
Variabilidad Total – SU25

INDICE		SU25		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	38.7	0.001	1.622	0.426
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA	18.6	0.051	-1.846	0.887
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL	14.2	0.076	1.067	0.572
TINGO MARÍA	29.9	0.015	0.141	0.052
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes SU25- CLIMDEX.

En la tabla 17 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice SU25 en 4 estaciones.

4.2.1.14. INDICE TN10p

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el porcentaje de días cuando la temperatura nocturna menor al percentil 10. (Tabla 18), el modelo de regresión explica la variabilidad en 1 estación.

Tabla 18

Variabilidad Total – TN10p

INDICE		TN10p		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	33.5	0.003	0.425	0.128
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes TN10p- CLIMDEX.

En la tabla 18 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice TN10p en 1 estación.

4.2.1.15. INDICE TNN

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria al año. (Tabla 19), el modelo de regresión explica la variabilidad en 3 estaciones.

Tabla 19
Variabilidad Total – TNN

INDICE		TNN		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	23.1	0.017	-0.053	0.021
CHAGLLA	53.5	0.04	0.142	0.04
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA	23.1	0.017	-0.053	0.021
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes TNN- CLIMDEX.

En la tabla 19 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice TNN en 3 estaciones.

4.2.1.16. INDICE TNX

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el valor mensual máximo de temperatura mínima diaria. (Tabla 20), el modelo de regresión explica la variabilidad en 5 estaciones.

Tabla 20
Variabilidad Total – TNX

INDICE		TNX		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	40.3	0.001	-0.065	0.017
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO	35	0	0.022	0.005
JACAS CHICO	45.8	0.004	-0.094	0.027
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA	41.2	0	0.02	0.004
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO	58.7	0	0.029	0.005

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes TNX- CLIMDEX.

En la tabla 20 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice TNX en 5 estaciones.

4.2.1.17. INDICE TX10P

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima por debajo al percentil 10. (Tabla 21), el modelo de regresión explica la variabilidad en 2 estaciones.

Tabla 21

Variabilidad Total – TX10P

INDICE		TX10P		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	18	0.034	-0.166	0.074
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO	21.6	0.051	-0.41	0.217
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes TX10P- CLIMDEX.

En la tabla 21 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice TX10P en 2 estaciones.

4.2.1.18. INDICE TX90P

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima por debajo al percentil 90. (Tabla 22), el modelo de regresión explica la variabilidad en 1 estación.

Tabla 22
Variabilidad Total – TX90P

INDICE		TX90P		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	26.9	0.08	0.433	0.149
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes TX90P- CLIMDEX.

En la tabla 22 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice TX90P en 1 estación.

4.2.1.19. INDICE TR20

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C. (Tabla 23), el modelo de regresión explica la variabilidad en 3 estaciones.

Tabla 23
Variabilidad Total – TR20

INDICE		TR20		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN		NA		
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA	58.7	0	3.342	0.405
TOURNAVISTA	23.3	0.081	2.255	1.182
TULUMAYO	67.7	0	3.58	0.494

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes TR20- CLIMDEX.

En la tabla 23 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice TR20 en 3 estaciones.

4.2.1.20. INDICE TXX

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria. (Tabla 24), el modelo de regresión explica la variabilidad en 6 estaciones.

Tabla 24
Variabilidad Total – TXX

INDICE		TXX		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	19.5	0.027	0.053	0.022
CHAGLLA	63.7	0.01	0.193	0.055
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO	11.1	0.054	0.01	0.005
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL	35.6	0.003	0.059	0.017
TINGO MARÍA	16.9	0.027	0.016	0.007
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO	49	0	0.056	0.012

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes TXX- CLIMDEX.

En la tabla 24 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice TXX en 6 estaciones.

4.2.1.21. INDICE WSDI

De acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo CLIMDEX utilizado para determinar el número de días con por lo menos 6 días consecutivos en temperaturas máximas por encima del percentil 90 (Tabla 25), el modelo de regresión explica la variabilidad en 1 estación.

Tabla 25
Variabilidad Total – WSDI

INDICE		WSDI		
ESTACIÓN	R2	p-value	slope estimate	slope error
AUCAYACU		NA		
CANCHAN	12.2	0.008	0.248	0.139
CHAGLLA		NA		
DOS DE MAYO		NA		
HUÁNUCO		NA		
JACAS CHICO		NA		
LA DIVISORIA		NA		
PUERTO INCA		NA		
SAN RAFAEL		NA		
TINGO MARÍA		NA		
TOURNAVISTA		NA		
TULUMAYO		NA		

Nota: Prueba sobre todos los coeficientes WSDI- CLIMDEX.

En la tabla 25 se observa que el valor-P es insignificante, eso significa que la probabilidad de que la variabilidad observada se deba al azar es mínima, por lo tanto, el modelo explica la variabilidad encontrada en el índice WSDI en 1 estación.

4.2.2. INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos de la prueba sobre todos los coeficientes muestra el valor de significatividad (p -valor <0.05) en al menos una estación para cada índice; el índice que mejor explica la variabilidad para las estaciones de la departamento Huánuco es PRCPTOT (La cantidad diaria de precipitación en el día) con p -valor promedio de 0.025, el cual muestra significancia en 9 estaciones, seguido de los índices DTR (Diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas para cada año) con un p -valor promedio de 0.072, R10mm (Cantidad de Días con precipitación mayor a 10 mm) con un p - valor promedio de 0.039, los cuales muestran significancia en 8 estaciones. Los índices con menos aceptación muestran el valor de significancia en al menos una estación como el índice WSDI (Número de días con por lo menos 6 días consecutivos en temperaturas máximas por encima del percentil 90) con p - valor de 0.008, TX90 (Porcentaje del tiempo en el que la Temperatura máxima supera al percentil 90) con p - valor de 0.008 y TN10P (Porcentaje de días cuando la temperatura nocturna mayor al percentil 10) con p -valor de 0.003. Lo que significa que al menos una de las co-variables del modelo es significativa para explicar la variabilidad detectada en los índices.

$H_1: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ significa que una, o dos, o tres, o cuatro, ..., o que todas las co-variables son significativas.

En tal sentido, se acepta la hipótesis del investigador y se rechaza la hipótesis nula. Es decir que el modelo matemático R CLIMDEX es aplicable en términos de significancia y permitió determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo anterior de la presente investigación se acepta la hipótesis del investigador, por lo que el modelo matemático R CLIMDEX es aplicable en términos de significancia y permitió determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco.

Por lo tanto, en el presente capítulo, discutiremos los resultados obtenidos de los indicadores de cambio climático recomendados por ETCCDI, ordenadas de acuerdo al parámetro meteorológico a analizar.

INDICES DE TEMPERATURA MINIMA

Se identifican dos tipos de índices, el primero relacionado con aumento del valor de la temperatura mínima registrada durante la noche (Aumento de noches cálidas), donde se tiene a TNx (Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria), TR 20 (Número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C) y TNN (Valor mensual mínima de temperatura mínima diaria al año) en los tres casos el IPCC, menciona que el comportamiento bajo un escenario de cambio climático indicaría un incremento de temperatura haciendo que las noches cálidas se incrementen. Estos indicadores podrían reflejar efectos potencialmente dañinos por la ausencia del enfriamiento nocturno, principal contribuyente del estrés térmico.

- **TNx:** En el análisis de este indicador se observa un comportamiento con tendencia al aumento progresivo en el valor mensual máximo de temperatura nocturna registrado de manera diaria, a través, de los años en las estaciones de selva alta en 1.0°C (Tingo María y Tulumayo), así como, la estación en sierra de Huánuco. Mientras que en las estaciones Alto andinas (Jacas Chico y Canchan) la tendencia es de disminución de la máxima mensual de temperatura nocturna.

- **TR20:** Este indicador presenta un comportamiento uniforme con tendencia al aumento significativo del número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C, a través de los años en las estaciones de selva alta (Tingo María y Tulumayo) en un rango de incremento entre 170 - 200 días, así como la estación de selva baja (Tournavista) con un incremento de 100 días.
- **TNN:** Se observa un comportamiento con tendencia al aumento progresivo en el valor mínimo mensual de temperatura mínima registrado de manera diaria, a través de los años en la estación de sierra frontera con selva alta (Chaglla) y selva alta (Tingo María), variando entre 1°C y 2°C. Mientras que en canchan se observa una tendencia al descenso en 1.5°C.

En el segundo tipo, identificamos indicadores relacionados con la disminución del número de noches frías, dentro de los cuales tenemos a TN 10 (Porcentaje de días cuando la temperatura nocturna mayor al percentil 10), el IPCC menciona que el comportamiento bajo un escenario de cambio climático indicaría reducciones significativas del número de noches helados en las regiones de latitud media y reducción de la cantidad de noches frías extremos.

- **TN10p:** Este indicador presenta un comportamiento uniforme con tendencia al aumento del 100% de noches cuando la temperatura nocturna mayor al percentil 10, caracterizados como noche cálidas, a través de los años en las estaciones Alto andinas de sierra (Canchan).

De acuerdo a ello, los indicadores que muestran Cambio Climático con referencia a la variación esperada en temperatura mínima muestran:

En sierra, un comportamiento con tendencia al incremento en cuanto al valor máximo mensual (TNx) en las estaciones de Huánuco, Tingo María y Tulumayo. Así como, el aumento del valor mínimo mensual (TNN) en Chaglla. Así mismo, se registra una disminución en el porcentaje de días caracterizados como noches cálidas (TN10p) Canchan.

Mientras en selva Alta, se presenta un comportamiento uniforme con tendencia al aumento significativo del Número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C, en las estaciones de selva alta (Tingo María, Tournavista y Tulumayo), Así como el incremento en cuanto al valor máximo mensual (TNx) y el aumento del valor mínimo mensual (TNN) en Tingo María.

INDICES DE TEMPERATURA MAXIMA

Se identifican dos tipos de índices, el primero relacionado con aumento del valor de la temperatura máxima registrada durante el día (Aumento de días cálidos), donde se tiene a TXx (Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria), TX90p (Porcentaje del tiempo en el que la Temperatura máxima supera al percentil 90), WSDI (Número de días con por lo menos 6 días consecutivos en temperaturas máximas por encima del percentil 90) y SU25 (Número de días en un año cuando TX (máximo diario >25°)). En los cuatro casos el IPCC, menciona que el comportamiento bajo un escenario de cambio climático indicaría un aumento de las temperaturas diurnas. Lo que se refleja en el registro de valores más altos de heliofanía por la ausencia de cobertura nubosa.

- **TXx:** En el análisis de este indicador se observa un comportamiento con tendencia al aumento significativo en el valor mensual máximo mensual de temperatura máxima diaria, a través de los años en todas estaciones que arrojaron significancia para este índice: En sierra (Canchan, Chaglla, San Rafael y Huánuco) en un rango entre 1°C Y 1.5°C y selva alta (Tingo María y Tulumayo) en un rango entre 1.5°C Y 2.5°C.
- **TX90p:** Este indicador presenta un comportamiento con tendencia al aumento lento del porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima supera al percentil 90, caracterizado como día cálido, a través de los años en la estación de Canchan y La Divisoria.
- **WSDI:** Se observa un comportamiento con tendencia al aumento progresivo en el número de periodos, con por lo menos 6 días

consecutivos en temperaturas máximas por encima del percentil 90 en la estación de sierra Canchan, al igual que en el anterior indicador.

- **SU25:** En el análisis de este indicador se observa un comportamiento con tendencia al aumento significativo en el número de días en un año cuando TX (máximo diario $>25^{\circ}$) en todas estaciones con significancia (Canchan, San Rafael y la Divisoria).

En el segundo tipo, identificamos indicadores relacionados con la disminución del número de días fríos, dentro de los cuales tenemos a Tx10p (Porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima está por debajo al percentil 10), el IPCC menciona que el comportamiento bajo un escenario de cambio climático indicaría a reducción de la cantidad de días fríos extremos (días y noches 10% más fríos).

- **TX10p:** Este indicador presenta un comportamiento uniforme con tendencia a la disminución significativa del porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima está por debajo al percentil 10, a través, de los años en las estaciones Alto andinas de sierra (Dos de Mayo y Canchan), lo que significa una disminución en la cantidad de días fríos en un aproximado de 50%.

De acuerdo a ello, los indicadores que muestran Cambio Climático con referencia a la variación esperada en temperatura máxima muestran:

En sierra, un comportamiento con tendencia al incremento en cuanto al valor máximo mensual (TXx) en la mayoría de las estaciones San Rafael, Chaglla, Huánuco y Canchan. Así como, el aumento del porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima supera al percentil 90 (TX90p) y su prolongación en por lo menos de 6 días (WSDI) en Canchan. Así mismo se registra disminución en la cantidad de días fríos (TX10p) en Dos de Mayo y Canchan.

Mientras en selva Alta, se presenta un comportamiento con tendencia al aumento significativo del valor máximo mensual (TXx), en las estaciones de selva alta (Tingo María y Tulumayo).

INDICES DE RANGO DE TEMPERATURA

Se identifica un índice, relacionado con la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas para cada año, donde se tiene a DTR (Rango de temperatura Diurna extrema Interanual). El IPCC menciona que el comportamiento bajo un escenario de cambio climático indicaría una disminución del DTR como consecuencia directa del aumento del calentamiento nocturno (aumento de temperaturas mínimas).

- **DTR:** Este indicador presenta un comportamiento con tendencia a la disminución significativa en el rango de temperatura diurnas, a través de los años en las estaciones Aucayacu, Tingo María y Huánuco, lo que indicaría un aumento en la temperatura disminuyendo la diferencia entre ambas y reduciendo el rango de oscilación que se encuentra entre 9.6°C y 12°C. Mientras en las estaciones de (Canchan, Chaglla, Jacas Chico, La Divisoria y San Rafael) presenta tendencia a la ampliación del rango, basado en los demás indicadores de temperatura máxima calculados, podríamos deducir que la temperatura máxima ha incrementado notablemente, acrecentando la diferencia entre ambas y extendiendo el rango de oscilación que se encuentra entre 7.4°C y 14.8°C.

De acuerdo a ello, los indicadores que muestran Cambio Climático con referencia a la variación en el rango de temperaturas en las estaciones de Aucayacu y Huánuco.

INDICES DE PRECIPITACIONES

Se identifican tres tipos de índices, el primero relacionado con el incremento de los eventos de precipitación continua, donde se tiene a CWD (Número máximo de días consecutivos con $RR \geq 1\text{mm}$). El IPCC, menciona que los gases de efecto invernadero fuerzan un incremento de la duración de eventos de precipitación.

- **CWD:** Este indicador presenta un comportamiento uniforme con tendencia al aumento significativo en el número máximo de días húmedos consecutivos, a través de los años en todas las estaciones con

significancia al indicador: En Sierra (Canchan y Dos de Mayo) los incrementos en los periodos máximos con precipitaciones superiores a la traza se mantuvieron en un rango entre 7 y 19 días de lluvia continua. Mientras en Selva Alta (Aucayacu, La Divisoria y Tingo María), se mantuvieron en un rango entre 18 y 20 días de lluvia continua y en Selva Baja (Puerto Inca y Tournavista), se mantuvieron en un rango entre 7 y 10 días de lluvia continua. Es decir, que, las lluvias en el departamento se han vuelto más persistentes a lo largo de los años.

En el segundo tipo, identificamos indicadores relacionados con el incremento en la intensidad de las precipitaciones y el acumulado, dentro de los cuales tenemos a PRCPTOT (Precipitación total diaria); RXp (precipitaciones al año que sobrepasan el percentil 95 (R95p) y 99 (R99p)); RXmm (Cantidad de Días con precipitación mayor a 10 mm (R10mm), 20mm (R20mm) , 25mm (R25mm)); RXx day (Precipitación máxima en 1 día (RX1 day), precipitación máxima en 5 días (RX5 day) y SDII (índice simple de intensidad diaria). El IPCC, menciona que los gases de efecto invernadero Los GEI intervienen en el ciclo hídrico, favoreciendo la nucleación del vapor de agua durante las precipitaciones. Así como, el aumento en las temperaturas, lo que permite mayor cantidad de vapor de agua en la atmosfera, lo que generaría un incremento en los eventos de precipitaciones intensas o extremas.

- **PRCPTOT:** En el análisis de este indicador se observa un comportamiento uniforme con tendencia al aumento significativo en la cantidad diaria de precipitación calculadas por año en todas estaciones que arrojaron significancia para este índice: En sierra (Canchan, Chaglla, Jacas Chico, San Rafael y Huánuco) presentan una tasa de crecimiento promedio entre 0.54 y 2.19 mm/día/año y selva alta (Aucayacu, La Divisoria y Puerto Inca) presentan una tasa de crecimiento promedio entre 1.1 y 1.37 mm/día/año, a excepción de Tulumayo que presenta una leve disminución lenta, a través de los años con una tasa de -0.27 mm/día/año.

- **RXp**

- **R95p:** Este indicador presenta un comportamiento con tendencia al aumento en el número de días con precipitaciones al año que sobrepasan el percentil 95, caracterizado según el SENAMHI como “Días muy lluviosos”, principalmente en la sierra (Canchan, Huánuco y Jacas Chico) donde se muestra un incremento entre el 100% y el 460%, en selva (La Divisoria) muestra un incremento del 200%.

- **R99p:** Se observa un comportamiento con tendencia al aumento en el número de precipitaciones al año que sobrepasan el percentil 99, caracterizado según el SENAMHI como “Días extremadamente lluviosos”, en las estaciones de La Divisoria y Jacas Chico, entre el 200% y 300%.

- **RXmm:**

- **R10mm:** Este indicador presenta un comportamiento uniforme con tendencia al incremento en la cantidad de días con precipitación mayor a 10 mm, en la mayoría de las estaciones que arrojaron significancia al indicador: En sierra (Canchan, Huánuco, Jacas Chico, Chaglla y San Rafael) en un rango de aumento entre 50% a 183% al inicio del periodo de investigación y en Selva se observa un incremento en Aucayacu del 20% y del 150% en Puerto Inca. A excepción de Tulumayo donde se observa un descenso del 6% en el número de días con precipitación mayor a 10mm.

- **R20mm:** Se observa un comportamiento con tendencia al incremento en la cantidad de días con precipitación mayor a 20 mm, en la mayoría de las estaciones que arrojaron significancia al indicador: En sierra (Jacas Chico, Chaglla y San Rafael) en un rango de aumento bastante alto al inicio del periodo de investigación; y en Selva (Aucayacu y Puerto Inca) en un rango de 20 al 70%, así mismo, se puede observar que del incremento en los días de precipitación superior a 10 mm (R10mm), un porcentaje alto pertenecerían a este indicador (60 y 70 % respectivamente). A excepción de Tulumayo donde se observa un leve descenso del 19% en el número de días con precipitación mayor a 20mm.

- **R25mm:** Para este indicador se observa un comportamiento con tendencia al incremento en la cantidad de días con precipitación mayor a 25 mm, en la mayoría de las estaciones que arrojaron significancia al indicador: En sierra (Jacas Chico) en un rango de aumento bastante alto al inicio del periodo de investigación y en Selva (Aucayacu, Puerto Inca) en un rango de 14 al 100%. Así mismo, se puede observar que del incremento en los días de precipitación superior a 20 mm (R20m), un porcentaje alto pertenecerían a este indicador (83 y 84 % respectivamente). A excepción de Tulumayo donde se observa un leve descenso a través de los años.
- **RXx day:**
- **RX1 day:** Se observa un comportamiento con tendencia al incremento en la precipitación máxima en 1 día, en todas las estaciones que arrojaron significancia al indicador: En sierra (Jacas Chico) se detecta un incremento del 66% en los acumulados de precipitación máxima diaria calculada de manera anual, y en Selva (La Divisoria, Puerto Inca y Aucayacu) se detecta un incremento entre el 35% y el 100%, lo que simboliza un incremento en la intensidad de los eventos extremos de lluvias a lo largo de los años.
 - **RX5 day:** Se observa un comportamiento con tendencia al incremento en la precipitación máxima en 5 días, en todas las estaciones que arrojaron significancia al indicador: En sierra (Jacas Chico y Chaglla) y en Selva (Aucayacu y Puerto Inca).
- **SDII:** En el análisis de este indicador se observa un comportamiento con tendencia al aumento significativo en la intensidad diaria de precipitación anual: En sierra (Canchan y Chaglla) y selva alta (La Divisoria). Mientras en las estaciones de (Dos de Mayo, Tingo María, Tournavista y Tulumayo), poseen una tendencia al descenso.

Finalmente, el tercer tipo está relacionado con el aumento de periodos sin precipitación o sequias, donde se tiene a CDD (Número máximo de días secos consecutivos). El IPCC, menciona que los gases de efecto

invernadero favorecen un aumento en las temperaturas generando mayor evaporación, lo que potencia las sequías.

CDD: Este indicador presenta un comportamiento uniforme con tendencia al aumento significativo en el número máximo de días secos consecutivos a través de los años en todas las estaciones con significancia al indicador: En Sierra (Jacas Chico y San Rafael) y Selva (Tulumayo y Tingo María).

De acuerdo a ello, los indicadores que muestran Cambio Climático con referencia a la variación esperada en las precipitaciones muestran:

En sierra, se observa un comportamiento con tendencia al incremento en cuanto a los acumulados y las intensidades de precipitación en todas las estaciones. Indicadores como PRCPTOT (Acumulado diario de precipitación) y RX10mm (cantidad de días con precipitación mayor a 10 mm) registraron incidencia de variación climática en la gran mayoría de estaciones de sierra: Canchan, Chaglla, Jacas Chico, San Rafael y Huánuco. Así mismo, se observa que la estación Jacas chico la estación más alta de Huánuco es la más afectada, reflejándose en los 9 indicadores con significancia, 8 indicadores con incremento en el acumulado e intensidad de precipitaciones (PRCPTOT, R95p, R99p, R10mm, R20mm, R25mm, RX1 day, RX5 day) y 1 indicador con aumento de sequias (CDD). Así mismo el resto de estaciones en su mayoría registran variaciones climáticas en cuanto al incremento de precipitaciones en al menos 4 indicadores.

En Selva, se observa un comportamiento con tendencia al incremento en cuanto a los acumulados y las intensidades de precipitación en tres estaciones Puerto Inca, Aucayacu y La Divisoria, reflejados en los indicadores PRCPTOT (Acumulado diario de precipitación) y RX25mm (cantidad de días con precipitación mayor a 25 mm). Así mismo, se observa que las estaciones La Divisoria, Puerto Inca y Aucayacu, son las estaciones más afectadas por la variabilidad climática de precipitaciones, reflejándose en las 6 indicadores con incremento en el acumulado e intensidad de precipitaciones (PRCPTOT, R10mm, R20mm, R25mm, RX1 day, RX5 day). Seguido de La Divisoria, la estación más baja de selva Alta de Huánuco, reflejándose en los 5 indicadores con incremento en el acumulado e intensidad de precipitaciones (PRCPTOT, R95p, R99p, R25mm, SDII).

Mientras que las estaciones de las estaciones de Tulumayo y Tingo María muestran significancia en el indicador CDD, el cual muestra un aumento significativo en el número máximo de días secos consecutivos, es decir para ambas estaciones el cambio climático se refleja en la extensión de los periodos de sequía.

De igual forma, el indicador CWD presenta un comportamiento uniforme con tendencia al aumento significativo en el número máximo de días húmedos consecutivos a través de los años en todas las estaciones con significancia al indicador, es decir que las lluvias en el departamento se han vuelto más persistentes a lo largo de los años.

A pesar de ello el índice SDII (intensidad diaria de precipitación anual) muestra una mayor tendencia en la disminución en las estaciones (Dos de Mayo, Tingo María, Tournavista y Tulumayo), dado que los demás índices muestran un incremento podríamos determinar que se ha registrado periodos lluviosos de manera más frecuente, siendo estos cortos y de menor intensidad, alternados con periodos secos. A excepción de las estaciones de Canchan, chaglla y La Divisoria, donde si se presenta un incremento en la intensidad diaria de precipitación anual.

Así mismo, la presente tesis concuerda con la investigación del SENAMHI durante la evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú, la cual muestra como resultados que en la localidad de Tingo María se identificó una disminución en la intensidad diaria de precipitación anual (SDII) y un incremento en 2.5 mm/día/año en la tasa promedio de precipitación acumulada anual (PRCPTOT). Además, se presentan días consecutivos secos más frecuentemente. En cuanto a Temperaturas, las localidades de Tingo María y Huánuco evidencian un incremento en la temperaturas extremas anual en entre 0.15 - 0.25°C/década, es decir que en 50 años se ha incrementado entre 0.75°C - 1.25°C.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos de la prueba sobre todos los coeficientes muestra el valor de significatividad (p -valor <0.05) en al menos una estación para cada índice, el índice que mejor explica la variabilidad para las estaciones de la departamento Huánuco es PRCPTOT con p -valor promedio de 0.025, el cual muestra significancia en 9 estaciones, seguido de los índices DTR con un p -valor promedio de 0.072, R10mm con un p -valor promedio de 0.039, los cuales muestran significancia en 8 estaciones. Los índices con menos aceptación muestran el valor de significancia en al menos una estación como el índice WSDI con p -valor de 0.008, TX90 con p -valor de 0.008 y TN10P con p -valor de 0.003. Lo que significa que al menos una de las co-variables del modelo es significativa para explicar la variabilidad detectada en los índices. En tal sentido, se acepta la hipótesis del investigador y se rechaza la hipótesis nula. Es decir que el modelo matemático R CLIMDEX es aplicable en términos de significancia y permitió determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 Años en el departamento de Huánuco.
2. El mayor impacto del cambio climático de acuerdo con los indicadores en el departamento de Huánuco son los relacionados con las variaciones en cantidades e intensidades de lluvia como: El índice de la Precipitación total Anual calculadas por año (PRCPTOT), donde se observa un comportamiento uniforme con tendencia al aumento significativo en la cantidad diaria de precipitación calculadas por año en todas estaciones que arrojaron significancia con una tasa de crecimiento promedio entre 0.54 y 2.19 mm/día/año. Y las intensidades de precipitaciones: R10mm, la cual muestra un incremento en la cantidad de días con precipitación mayor a 10 mm, en la mayoría de las estaciones en un rango de aumento entre 20% y 183%, en comparación al inicio del periodo de investigación. De las cuáles, este incremento se daría en mayor porcentaje a lluvias por encima de los 20 y 25 mm en la región selva, por corresponder a su climatología, sin

embargo, se detectaron precipitaciones (R20 mm y R25 mm) en Jacas Chico, que no se registraban al inicio del periodo de investigación. En cuanto a los acumulados de eventos extremos de lluvia, se observa un comportamiento con tendencia al incremento en la Precipitación máxima en 1 día (RX1day), en todas las estaciones que arrojaron significancia al indicador (Jacas Chico, La Divisoria, Puerto Inca y Aucayacu) se detecta un incremento entre el 35% y el 100% en los acumulados de precipitación máxima diaria calculada de manera anual. Al igual que, los acumulados de precipitación en un periodo de 5 días (RX5day), en las estaciones (Jacas chico, Aucayacu y Puerto Inca) con un incremento entre el 15% y 200%, lo que simboliza mayor intensidad y persistencia de los eventos de lluvias a lo largo de los años. En cuanto a los eventos extremos de lluvias, las estaciones de Jacas Chico y La Divisoria, se presenta un comportamiento con tendencia al incremento en el número de días con precipitaciones al año que sobrepasan el percentil 95 (R95p), caracterizado según el SENAMHI como “Días muy lluviosos”, y el percentil 99 (R99p) caracterizado según el SENAMHI como “Días extremadamente lluviosos”. Mientras que, las estaciones Canchan y Huánuco mostraron un incremento en el número de días con precipitaciones al año que sobrepasan el percentil 95 (R95p). Lo antes expuesto, concuerda con lo que menciona el IPCC sobre el incremento de intensidades acumulados de lluvia.

3. Así mismo se observa que la estación Jacas chico, la estación más alta de Huánuco es la más afectada en la variabilidad climática de precipitaciones, reflejándose en los 9 indicadores con significancia, 8 indicadores con incremento en el acumulado e intensidad de precipitaciones (PRCPTOT, R95p, R99p, R10mm, R20mm, R25mm, RX1 day, RX5 day) y 1 indicador con aumento de sequias (CDD). En el resto de estaciones en su mayoría registran variaciones climáticas en cuanto al incremento de precipitaciones en al menos 4 indicadores. Mientras en Selva, se observa un comportamiento con tendencia al incremento en cuanto a los acumulados y las intensidades de precipitación en tres estaciones Puerto Inca, Aucayacu y La Divisoria,

reflejados en al menos 5 indicadores (PRCPTOT, R95p, R99p, R25mm, SDII).

Mientras que las estaciones de las estaciones de Jacas Chico, San Rafael, Tulumayo y Tingo María muestran significancia en el indicador CDD, el cual muestra un aumento significativo en el número máximo de días secos consecutivos, es decir para ambas estaciones el cambio climático se refleja en la extensión de los periodos de sequía.

4. En cuanto a la variación climática con referencia a las Temperaturas, los mayores impactos están relacionados con el incremento en cuanto al valor máximo mensual de temperaturas mínimas (TNx) en las estaciones de Huánuco, Tingo María y Tulumayo. Y temperaturas máximas (TXx) en la mayoría de las estaciones San Rafael, Chaglla, Huánuco, Canchan, Tingo María y Tulumayo, en un rango de 1°C a 2.5°C. Así como, el aumento del valor mínimo mensual de temperatura nocturna (TNN) en Chaglla y Tingo María.

En selva Alta, se presenta un comportamiento con tendencia al aumento significativo del número de días en un año cuando la temperatura mínima supera los 20°C (Tingo María y Tulumayo).

Con respecto a los índices de cambio climático de eventos de temperatura extrema, se registra la aumento en el número de noches cálidas (TN10p) y una disminución en la cantidad de días fríos (TX10p) en Dos de Mayo y Canchan. Así como, el aumento del porcentaje del tiempo en el que la temperatura máxima supera al percentil 90 (TX90p) y su prolongación en por lo menos 6 días (WSDI) en esta última estación.

5. De igual forma, el indicador DTR presenta un comportamiento con tendencia a la disminución significativa en el rango de temperatura diurnas, a través, de los años en las estaciones Aucayacu, Tingo María y Huánuco, lo que indicaría un aumento en la temperatura disminuyendo la diferencia entre ambas y reduciendo el rango de oscilación que se encuentra entre 9.6°C y 12°C. Mientras en las estaciones de (Canchan, Chaglla, Jacas Chico, La Divisoria y San

Rafael) presenta tendencia a la ampliación del rango, basado en los demás indicadores de temperatura máxima calculados, podríamos deducir que, la temperatura máxima ha incrementado notablemente, acrecentando la diferencia entre ambas y extendiendo el rango de oscilación que se encuentra entre 7.4°C y 14.8°C.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los hallazgos realizados en la presente investigación, se recomienda realizar investigaciones con respecto a los impactos en los ecosistemas, fauna y flora debido al cambio progresivo en los principales componentes del clima.
- Se recomienda actualizar la Estrategia Regional de Cambio Climático de Huánuco, tomando en cuenta el resultado de la presente investigación, debido a que, la actual esta prescrita (Estrategia Regional de Cambio Climático de Huánuco (2017 - 2021)).
- Así mismo, se recomienda seguir implementando medidas de mitigación y adaptación a nivel nacional, regional y local enfocadas en la reducción de impactos del cambio climático, con el fin de preservar la flora y fauna, así como, garantizar la calidad de vida de los pobladores, además de reforzar los planes de prevención y reducción del riesgo de desastres.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña D., Cubas F., Oria C., Llacza A., Jácome G., Barreto C (2013); Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú: Proyecciones al año 2030 en la Departamento Huánuco - Reporte ejecutivo. Lima. Perú.
- American Meteorological Society [AMS]. (2000). *Glossary of Meteorology*. Segunda edición. Consultado el 20 de junio de 2014. Disponible en: <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/>.
- Benavides, Oswaldo; Mayorga, Ruth; Hurtado, Gonzalo (2007). Análisis de índices de extremos climáticos para Colombia usando el Rclimdex. Colombia.
- Carvalho, L, Jones, C y Liebmann, C. (2002). Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate*. pp. 2377-2394.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. [FAO] (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage. Consultado el 20 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm#Contents>.
- Franco, Beatriz. (2016). Variables climatológicas y los elementos *constructivos y paisajísticos*. Universidad Columbian de Paraguay. Disponible en <https://www.columbia.edu.py/presencial/arquitectura/investigacion/articulos-deinvestigacion/224-variables-climatologicas-y-los-elementos-constructivos-y-paisajisticos>.
- Frich, P. (1999). REWARD—A Nordic Collaborative Project. Annex of Meeting of the Joint CCI/CLIVAR Task Group on Climate Indices, Bracknell, UK, 2-4 September 1998. World Climate Data and Monitoring Programme..
- Gobierno Regional de Huánuco (2008). Plan Estratégico Regional Agrario 2008 – 2021. Huánuco. Perú.

http://ftp.regionhuanuco.gob.pe/regulations/2015/9990000012015_1432828387.pdf

Haylock, M y Nicholls, N. (2000). Trends in extreme rainfall indices for an updated High quality data set for Australia, 1910–1998. *International Journal of Climatology*. 20: p. 1533-1541.

Instituto Geofísico Del Perú [IGP] (2012). Eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) en el valle del Mantaro. Lima. Perú

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (1992). *Climate change, the science of climate change*. Cambridge University Press, pp. 572.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (1995). *Primer Informe de Evaluación del IPCC Resumen General y los Resúmenes para responsables de Políticas y Suplemento de 1992 del IPCC*. CANADA. ISBN: 0-662-02218 -1

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007 a.). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, Geneva, Switzerland, p.104.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007 b.). *Fourth Assessment Report: Climate change 2007, Working Group I: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. pp 996.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2013). *The physical science basis. Contribution of working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge United Kingdom and New York. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. [IPCC] (2013)- *Guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC.WGI. “Cambio Climático: Bases Físicas”*, Ginebra, Suiza.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de trabajo II al

Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2019). Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. ISBN 978-92-9169-351-1.

Jarrín, Fernando. (2016). Análisis de Índices climáticos a partir de datos instrumentales meteorológicos para determinación de cambio climático en la demarcación Hidrográficas Guayas y Manabí. Tesis postgrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador.

Lutgens, Frederick K. y Edward J. Tarbuck, (2010) Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física. Octava edición. Madrid. España.

Mcgraw, H. 2009. Contaminación Atmosférica. (2010). New York.

Milano, Flavia (2020). Gobiernos y sociedad civil avanzando agendas climáticas”. Banco Interamericano de Desarrollo.

Ministerio del Ambiente-Perú [MINAM] (2010). Portal de Cambio climático. <http://cambioclimatico.minam.gob.pe/cambio-climatico/sobre-cambioclimatico/que-lo-origina/>

Ministerio del Ambiente-Perú [MINAM] (2010). Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático.

Ministerio del Ambiente-Perú [MINAM] (2015). Estrategia Nacional frente al cambio climático. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>

Ministerio del Ambiente-Perú [MINAM] (2015). RESOLUCIÓN SUPREMA N° 193-2015-PCM. Resolución Suprema que crea la Comisión Multisectorial de naturaleza temporal, adscrita al Ministerio del Ambiente - MINAM, encargada de elaborar la propuesta de Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático – ENBCC LIMA, PERU.

- Moss, R., J.A Et al, (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature. Ginevra, Suiza.
- Ponce, Sergio I. (2016). La relación del Cambio Climático y los gases de efecto invernadero con la ganadería.
- Primo Salazar, A. (2015). Variabilidad de la temperatura y de la precipitación, en la ciudad de Toluca, estado de México. Periodo: 1970-2013. Toluca, estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de planeación urbana y regional.
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49235/UAEM-FAPUR-TESISPRIMO%2CALBERTO.pdf?sequence=1>
- Rojas Chávez, F. (2017). Modelación Numérica Del Transporte de Contaminantes Atmosféricos Y Su Relación Con Las Condiciones Meteorológicas En Lima Metropolitana”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Román, Rosario A. (2016). El Cambio Climático un Problema Económico. Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas. Facultad de Ciencias Económicas. Vol. 8. UNAN-Managua. pp.107-117
- Santos, J. (2004) Rclimdex Manual del Usuario. https://www.academia.edu/28821316/RClimDex_1.0_Manual_del_Usuario
- Seinfeld, J. (1998). Atmospheric chemistry and physics of air pollution. New York. USA
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2013). Estudio De Determinación de Umbrales De Temperatura y Precipitación Pluvial para Las Cuencas de los Ríos Coata E Ilave- Departamento Puno. Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2005). Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050: cuenca del Río Piura. Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2005) Glosario: Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050: cuenca del Río Piura. Perú.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2009). Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030. Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2016) Vulnerabilidad Climática De Los Recursos Hídricos En Las Cuencas De Los Ríos Chillón, Rímac, Lurín Y Parte Alta Del Mantaro / Resumen Ejecutivo. Lima, Perú.
- Serrano Vincenti, Sheila; Zuleta, Diana; Moscoso, Viviana; Jácome, Pablo; Palacios, Enrique; Villacís, Marcos (2012). Análisis Estadístico De Datos Meteorológicos Mensuales Y diarios Para La Determinación De Variabilidad Climática Y Cambio Climático En El Distrito Metropolitano De Quito. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 16, pp. 23. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador
- Zhang, X. y F. Yang. 2004. R-climindex users manual. Climate Research Branch Environment. Canada.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Barrueta Faching, Y. (2024) *Uso de R Climdex para determinar los índices de cambio climático utilizando los datos de las variables meteorológicas de los últimos 30 años del departamento de Huánuco* [Tesis de posgrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. Disponible en: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/ DIMENSIONES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS
GENERAL ¿El modelo matemático CLIMDEX permitirá determinar indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco?	GENERAL Determinar los indicadores de cambio climático a través del uso del programa R CLIMDEX utilizando los datos de las 13 estaciones convencionales de departamento Huánuco. ESPECÍFICOS: OE1. - Determinar si el modelo matemático CLIMDEX es efectivo para el análisis de las variables	GENERAL H1: El modelo matemático CLIMDEX permitirá determinar los indicadores de cambio climático utilizando los datos de las Variables Meteorológicas de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco.	Variable Dependiente R Uso del Modelo matemático CLIMDEX para determinar los índices de cambio climático Dimensión Índices de cambio climático relacionados con el aumento de temperatura Índices de cambio	ENFOQUE El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, ya que obtendrá información basado en datos numéricos de temperaturas máximas y mínimas; e indicadores de resultados de la aplicación del software RCLIMDEX. DISEÑO DE ESTUDIO La presente investigación de acuerdo al propósito de estudio, debido a que observamos parámetros de la naturaleza y no es posible	TÉCNICAS Técnica- observación directa y el análisis documental INSTRUMENTOS Para el análisis de la data de las 13 estaciones convencionales de la Dirección zonal 10, se utilizó codificación en el lenguaje Phyton, a través de software Spyder Anaconda, para determinar la viabilidad y confianza de la información meteorológica, luego de este periodo podremos determinar: • Periodos con data faltante, por paralización de estación u otros motivos (vacíos). • Datos con valores fuera del rango de observaciones por error de digitación

para el análisis de las Meteorológicas generadas por las estaciones convencionales del departamento de Huánuco en los últimos 30 años? **PE2.** - ¿Se puede determinar los principales indicadores de cambio climático recomendados por ETCCDI a través de la utilización del modelo matemático R CLIMDEX en las Variables Meteorológicas de los últimos 30 Años en el departamento de Huánuco?

H0: El modelo climático matemático R CLIMDEX no permitirá determinar los indicadores de cambio climático utilizando series históricas de información de precipitación acumulada diaria y de los extremos diarios de temperatura (mínima y máxima) del día, de los últimos 30 años en el departamento de Huánuco.

OE3. - Determinar los principales indicadores de cambio climático recomendados por Meteorológicas de ETCCDI.

OE4. - Analizar si los indicadores hallados

manipular la variable (temperaturas demasiado bajas o demasiado altas).
 Rrelacionados con independiente para obtener resultado diferente. Así mismo, de acuerdo a la climatológico, el cual se define como la cronología de la investigación es de diseño retrospectivo, periodo de tiempo. Cuando se encuentren estas conformada por información observaciones en el análisis a través de previamente monitoreada por códigos phyton, deben ser analizadas el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Como instrumentos de análisis y procesamiento se utilizó el software RCLIMDEX. El cual es un programa de conjunto de datos código abierto que no depende de un climatológicos (Temperaturas sistema operativo determinado, y que y Precipitación) generados a través de las estaciones de climatológicas de la Dirección zonal 10. monitorear y detectar cambio climático.

POBLACIÓN
 La población de estudio es el RCLIMDEX. El cual es un programa de conjunto de datos código abierto que no depende de un climatológicos (Temperaturas sistema operativo determinado, y que y Precipitación) generados a través de las estaciones de climatológicas de la Dirección zonal 10. monitorear y detectar cambio climático.

MUESTRA
 La Homogenización de los datos es un requisito anterior indispensable para es no probabilística por poder ejecutar adecuadamente este

de Huánuco? muestran un cambio
PE3. - ¿Los progresivo o una
 indicadores hallados alteración de las variables
 muestran un cambio climáticas en la
 progresivo o un departamento Huánuco
 alteración de las durante los últimos 30
 variables climáticas años.
 en la departamento
 Huánuco durante los
 últimos 30 años?.

conveniencia el cual estuvo programa. Zhang y Yang, (2004).
 constituida por de datos Mediante el cual se analizan a detalle la
 climatológicos (Temperatura base de datos de cada variable
 y Precipitación) generados a meteorológico (temperatura máxima,
 través de las estaciones temperatura mínima y precipitación),
 climatológicas de la Dirección corroborando valores atípicos debido
 zonal 10 recolectados en los errores comunes durante el periodo de
 últimos treinta años.

registro, transcripción y digitalización, así
 como la verificación de la serie de datos
 y evaluación de los datos faltantes.

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Cuantitativos

regresión lineal de mínimos cuadrados
 (línea sólida) y regresión lineal con
 ponderamientos locales (línea
 punteada).

ANEXO 2

MATRIZ DE RESUMEN

INDICES	CW	CD	DT	PRCPT	R10m	R20m	R25m	Rx1d	Rx5d	R95	R99	SD	SU	TN1	TN	TN	Tx1	TX9	TX	WS	TR	
ESTACION	D	D	R	OT	m	m	m	ay	ay	p	p	II	25	0p	N	X	0p	0P	X	DI	20	
ES																						
AUCAYACU	+P		-P	+P	+P	+	+	+	+													
CANCHAN	+P		+P	+P	+P					+P		+P	+P	+P	-P	-P	-P	+	+	+		
CHAGLLA			+P	+P	+P	+P			+P			+P			+P					+P		
DOS DE MAYO	+P									-P								-P				
HUÁNUCO			-P	+	+					+							+P			+		
JACAS CHICO		-P	+P	+	+	+	+P	+P	+P	+P	+P						-P					
LA DIVISORIA	+P		+P	+P			+P				+P	+P	-P								-P	
PUERTO INCA	+P			+	+	+	+	+	+	+												
SAN RAFAEL		-P	+P	+P	+P	+P								+P							+P	
TINGO MARÍA	+P	-P												+P						+		+P
TOURNAVI STA	-													-P								+P
TULUMAYO		-P		-	-P	-P	-															+P

Donde:

+: Pendiente positiva

-: Pendiente negativa

P: Pendiente pronunciada

ANEXO 3

MAPAS GENERADOS CON LOS RESULTADOS

