UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LA TENDENCIA ESPACIOTEMPORAL DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL PERIODO 1985-2021, DEL DEPARTAMENTO DE UCAYALI, 2023

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

JEAN PIERRE, QUORODA PANDURO

AMADA JULIETT, AMACIFUÉN YOSHIMURA

Pucallpa, Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 218/2025-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, a las 8:20 a.m. del día 31 de enero de 2025, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple N° 011-2025-UNU-FCFyA, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Aparicio Limache Alonzo	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
MSc. Jenny Paola Zeña Rubio	Miembro

Se procedió a la evaluación de sustentación de tesis denominada: **"ANÁLISIS DE LA TENDENCIA ESPACIOTEMPORAL DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL PERIODO 1985-2021, DEL DEPARTAMENTO DE UCAYALI, 2023".** Presentado por los bachilleres: **JEAN PIERRE QUORODA PANDURO** y **AMADA JULIETT AMACIFUÉN YOSHIMURA;** asesorados por el Dr. Grober Panduro Pisco, habiendo culminado la sustentación de tesis por los bachilleres, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, los cuales fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia, la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD**, recomendando levantar las observaciones indicadas, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, siendo las 9:29 horas del día 31 de enero de 2025, se da por concluido el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Aparicio Limache Alonzo
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

MSc. Jenny Paola Zeña Rubio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN Y FIRMA DEL JURADO DE TESIS

La tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Aparicio Limache Alonzo

Presidente

Dr. David León Moreno

Miembro

MSc. Jenny Paola Zeña Rubio

Miembro

Dr. Grober Panduro Pisco

Asesor

Bach. Jean Pierre Quoroda Panduro

Tesista

Bach. Amada Juliett Amacifuén Yoshimura

Tesista

CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0217-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"ANÁLISIS DE LA TENDENCIA ESPACIOTEMPORAL DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL PERIODO 1985-2021, DEL DEPARTAMENTO DE UCAYALI, 2023"

Autor(es)	:	**AMACIFUÉN YOSHIMURA, AMADA JULIETT**
		QUORODA PANDURO, JEAN PIERRE
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**Dr. PANDURO PISCO, GROBER**

Presenta un porcentaje de similitud de 1%, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 13/05/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Jean Pierre Quorodo Panduro

Autor de la tesis titulada : Analisis de la tendencia espacio temporal de las variables de temperatura y precipitación en el periodo 1985-2021, del departamento de Ucayali, 2023

Sustentada el año 2025

Asesor(a): Dr. Grober Panduro Pisco

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental.

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 08 / 07 / 2025

Email: quorodo14@gmail.com Firma:

Teléfono: 944906396 DNI: 72641857

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, AMADA JULIETT AMACIFUEÑ YOSHIMURA

Autor de la tesis titulada : ANÁLISIS DE LA TENDENCIA ESPACIO TEMPORAL DE LAS VARIABLES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN EL PERIODO 1985-2021, DEL DEPARTAMENTO DE UCAYALI, 2023

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Dr. GRODER PANDURO PISCO

Facultad: de CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: de INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 08 / 07 / 2025

Email: amacifuenyoshimura@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 947692692 DNI: 75709588

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

Jean Pierre Quoroda Panduro

A mi familia, por darme la fortaleza para seguir adelante en mis proyectos personales y profesionales, su amor y apoyo incondicional han permitido que pueda cumplir esta meta.

Amada Juliett Amacifuén Yoshimura

Principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para no desfallecer en lograr mi objetivo. A mis padres, Erika y Cayo, por creer en mí y acompañarme desde el principio en la búsqueda de ser mejor persona y profesional; y a mis hermanos, por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que se puede lograr lo que uno se propone.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Ucayali por ser quien nos ha dado la oportunidad de conocer, explorar e incrementar nuestros conocimientos, competencias y herramientas para volvernos los mejores profesionales en la carrera.

A nuestro Asesor, Dr. Grober Panduro Pisco, usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus orientaciones para poder realizar un trabajo digno.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por sus palabras que fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes nuestros docentes queridos, gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

A las personas, familiares y amigos que nos brindaron su apoyo y tiempo desinteresado para poder terminar con el proyecto, fueron parte importante para lograr esta meta.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vii
AGRADECIMIENTOS viii
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xiii
RESUMEN xiv
ABSTRACT xv
INTRODUCCIÓN 16
CAPÍTULO I 19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19
1.1. Formulación del problema 21
1.1.1. Problema General 21
1.1.2. Problemas Específicos 21
1.2. Objetivos de la Investigación 22
1.2.1. Objetivo General 22
1.2.2. Objetivos Específicos 22
1.3. Hipótesis 22
CAPÍTULO II 23
MARCO TEÓRICO 23
2.1. Antecedentes de la investigación 23
2.1.1. Antecedentes Internacionales 23
2.1.2. Antecedentes Nacionales 27
2.1.3. Antecedentes Locales 29
2.2. Bases Teóricas 29
2.2.1. Tendencia de espacio temporal de las variables de temperatura y precipitación 29
2.2.1.1. Registros de temperatura de estaciones meteorológicas 29
2.2.1.2. Registros de precipitación de las estaciones meteorológicas 30
2.2.1.3. Tendencia de temperatura y precipitación (promedio) 30
2.2.2. Clima 31
2.2.3. Factores Climáticos 32
2.2.4. Cambio Climático 32
2.2.5. Calentamiento Global 33
2.2.6. Análisis de Consistencia de las Dinámicas Espaciotemporal de Temperatura y Precipitación 34
2.2.7. Serie Temporal 34

2.2.8. Pruebas Estadísticos 35
2.2.9. Pruebas de Hipótesis 41
2.2.10. Nivel de Significancia 42
2.2.11. Definición de Términos Básicos 42
CAPÍTULO III 44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 44
3.1. Ubicación del área de estudio 44
3.2. Método de investigación 45
3.2.1. Tipo de Investigación 45
3.2.2. Nivel de investigación 45
3.2.3. Enfoque de la investigación 46
3.2.4. Diseño de Investigación 46
3.3. Población y Muestra 46
3.3.1. Población 46
3.3.2. Muestra 47
3.4. Procedimiento de recolección de datos 48
3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos 48
3.5.1. Técnicas 48
3.5.2. Materiales y equipos 49
3.6. Tratamiento de datos 49
3.6.1. Tendencia de espacio temporal de las variables de temperatura y precipitación 49
- Recolección de información de temperatura que registran las estaciones meteorológicas 49
- Recolección de información de precipitación que registran las estaciones meteorológicas 50
3.6.2. Procesamiento de la información recopilada 50
Prueba de Mann-Kendal para tendencia 52
CAPÍTULO IV 54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 54
4.1. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de temperatura y precipitación 54
4.1.2. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de la Precipitación 55
4.2. Análisis de las Temperatura Máxima, Media y Mínima en el departamento de Ucayali. 56
4.2.1. Comportamiento histórico de la temperatura Máxima en el departamento de Ucayali. 57

4.2.2. Comportamiento histórico de la temperatura Mínima en el departamento de Ucayali. 59
4.2.3. Comportamiento histórico de la temperatura Media mensual y anual en el departamento de Ucayali. 60
4.3. Análisis de la Precipitación 63
4.3.1. Variación de la Precipitación anual por meses. 63
4.3.2. Variación anual de la Precipitación pluvial según las estaciones. 65
4.4. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de Temperatura y Precipitación pluvial en el departamento de Ucayali (Promedio). 66
4.4.1. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de Temperatura (promedio) 66
4.4.2. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de la Precipitación (promedio) 70
CAPÍTULO V 77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 77
5.1. Conclusiones 77
5.2. Recomendaciones 78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79
ANEXOS 84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas ubicadas en la región de Ucayali 44
Tabla 2. Datos de la población de estaciones a evaluar. 47
Tabla 3. Datos de la muestra de estaciones meteorológicas a evaluar..... 47
Tabla 4. Periodos de temperatura de las estaciones meteorológicas a evaluar. 49
Tabla 5. Periodos de precipitación de las estaciones meteorológicas a evaluar. 50
Tabla 6. Pruebas de normalidad de Temperatura media anual 51
Tabla 7. Pruebas de normalidad de Precipitación anual. 52
Tabla 8. Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación UNU. 52
Tabla 9. Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación UNU 53
Tabla 10. Pruebas de normalidad de T° media de la Estación Aguaytía.....673
Tabla 11. Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación Aguaytia.....684
Tabla 12. Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación Pucallpa.....694
Tabla 13. Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación Maronal..... 65
Tabla 14. Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación San Alejandro 706
Tabla 15. Pruebas de normalidad de las precipitaciones mensual/anual de las estaciones evaluadas. 717
Tabla 16. Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación Aguaytía.....718
Tabla 17. Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación Pucallpa 68
Tabla 18. Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación Maronal. 69
Tabla 19. Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación San Alejandro..... 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de relaciones de tendencias curvilíneas. 35
Figura 2. Mapa de ubicación de estaciones Meteorológicas del estudio. 45
Figura 3. Comportamiento de la Temperatura media de la Estación UNU. 573
Figura 4. Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación UNU 584
Figura 5. Comportamiento mensual histórico de la Temperatura máxima evaluada....594
Figura 6. Comportamiento histórico anual de la Temperatura máxima evaluada 595
Figura 7. Comportamiento mensual histórico de la Temperatura mínima evaluada 606
Figura 8. Comportamiento histórico anual de la Temperatura mínima evaluada 626
Figura 9. Comportamiento mensual histórico de la Temperatura media anual por meses de las estaciones evaluadas 57
Figura 10. Comportamiento histórico anual de la Temperatura media evaluada en todas las estaciones. 59
Figura 11. Comportamiento de la precipitación mensual en un periodo de 38 años. ...670
Figura 12. Comportamiento histórico anual de la Precipitación media evaluada en todas las estaciones. 682
Figura 13. Comportamiento de la Temperatura media de la Estación Aguaytía. 694
Figura 14. Comportamiento de la Temperatura media de la Estación Pucallpa.....705
Figura 15. Comportamiento de la Temperatura media de la Estación Maronal 66
Figura 16. Comportamiento de la Temperatura media de la Estación San Alejandro ..717
Figura 17. Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación Aguaytia 728
Figura 18. Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación Pucallpa69
Figura 19. Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación Maronal 740
Figura 20. Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación San Alejandro 71

RESUMEN

La investigación se realizó en el departamento de Ucayali, ubicado en la zona centro-oriental amazónica del Perú; que en las últimas décadas viene experimentando eventos climáticos extremos como oleajes de calor, friajes frecuentes, lluvias torrenciales y sequías, afectando negativamente la salud de la población, sus actividades económicas (agropecuaria y pesca) e infraestructuras instaladas (carreteras, colegios y otros) llevando con ello hasta pérdidas humanas. La investigación tuvo como objetivo analizar la tendencia espacio-temporal de las variables de temperatura máxima, mínima y media y precipitación del departamento de Ucayali, en el periodo 1985-2021; para ello se recopilaron todos los datos de registros de temperatura y precipitación de las estaciones meteorológicas existentes y activas en el territorio; para el análisis de tendencias de los datos se utilizó el Test Mann-Kendall, con un nivel de confianza del 95%; y para determinar saltos en el tiempo se ha utilizado el estadístico de Cusum. Los resultados demuestran que las temperaturas máximas, mínimas y medias presentan tendencias significativas crecientes y presenta cambios estadísticamente significativos en el tiempo, en todas las estaciones evaluadas. Sin embargo para la variable precipitación solo en las estaciones Aguaytía y UNU presentan una tendencia significativa creciente y en las demás estaciones evaluadas no lo presentan, asimismo no se registraron saltos en el tiempo para las precipitaciones al 95% de confiabilidad; motivo por el cual se afirma la hipótesis de investigación de que H1: existe una tendencia creciente significativa en la variación de las temperaturas máximas, mínimas y medias en el periodo de 1985 al 2021 y no existe una tendencia creciente significativa en la variación de los niveles de precipitación en el territorio en el periodo de 1985 al 2021.

Palabras claves: espaciotemporal, precipitación, tendencia, temperatura.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the department of Ucayali, located in the central-eastern Amazon area of Peru; that in recent decades extreme climatic events such as heat waves, frequent cold weather, torrential rains and droughts have been experienced, negatively affecting the health of the population and their economic activities (agriculture and fishing) and installed infrastructure (roads, schools and others). leading to human losses. The objective of the research is to analyze the spatial-temporal trend of the variables of maximum, minimum and average temperature and precipitation in the department of Ucayali, in the period 1985-2021; For this purpose, all data from temperature and precipitation records will be taken from all the existing and active meteorological stations in the territory; To analyze data trends, the Mann-Kendall Test statistics were used, with a confidence level of 95%; and to determine jumps in time, the Cusum statistic has been used. The results demonstrate that the maximum, minimum and average temperatures present significant increasing trends and present statistically significant jumps over time, in all the stations evaluated. However, for the precipitation variable, only the Aguaytía and UNU stations present a significant increasing trend and in the other stations evaluated they do not, likewise, no jumps in time were recorded for precipitation at 95% reliability; which is why the research hypothesis is affirmed that H1: there is a significant increasing trend in the variation of maximum, minimum and average temperatures in the period from 1985 to 2021 and there is no significant increasing trend in the variation of levels. of precipitation in the territory in the period from 1985 to 2021.

Keywords: precipitation, spatial-temporal, tendency, temperature.

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el cambio climático y sus repercusiones han dado lugar a un gran número de trabajos que tratan de analizar la evolución de distintas variables climáticas, como temperatura o precipitación, en distintos periodos de tiempo.

El Perú tiene una extensión de 1’285,215 Km^2 de área, conformadas de 159 cuencas denominadas unidades hidrográficas las que conforman tres grandes vertientes: vertiente del pacífico con 21.80% del territorio con 62 cuencas, vertiente del Atlántico con 74.60% del territorio con 84 cuencas y vertiente del Titicaca 3.60% del territorio con 13 cuencas, también tiene 35 climas, así como 84 zonas de vida (Ministerio del Ambiente, 2013); de las cuales la Amazonía peruana, conocida también con el nombre de selva, montaña, región oriental, región amazónica o hílea amazónica, abarca una extensión de 759,052 Km2 que, representa aproximadamente el 59% del territorio nacional y cerca del 14% de la amazonia continental y forma parte de la vertiente del amazonas; asimismo la Región Ucayali tiene una extensión de 102,399.92 $Km.^2$, representando el 7.97 % del territorio peruano, y equivale el 13.49% de la Amazonía peruana.

La Región Ucayali presenta cuatro ecorregiones bien definidas: Bosques húmedos de la Amazonía (Puerto Esperanza y Atalaya); Bosques húmedos del Ucayali con abundantes lluvias todo el año (Aguaytía); Río Amazonas y bosques inundables, con clima muy lluvioso, semi-cálido y muy húmedo (Pucallpa) y Yungas peruanas. El clima de la Región Ucayali es cálido-húmedo y corresponde a una típica región bioclimática amazónica.

En los últimos 10 años la región Ucayali viene experimentando cambios bruscos de temperatura acompañados de eventos de lluvias intensas de las cuales ha originado el aumento de inundaciones en la región. El estudio realizado por el SENAHMI el 2013 sobre la evaluación hidrológica y pluviométrica, así como el grado de anomalía del caudal del río Ucayali entre 2012 y 2013, observó anómalos incrementos de sus niveles y caudales, influenciados por la ocurrencia de períodos de lluvias inusuales a lo largo de

esta vertiente; cuya situación ocasionó por ejemplo alertas de inundaciones de sus principales tributarios como Aguaytía; debido a que sus niveles superaron muy por encima a su valor crítico de inundación. Por otro lado, el Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET) ha logrado identificar en la Región Ucayali un total de 478 eventos peligrosos, siendo las inundaciones y erosiones fluviales las más importantes (35.15% y 31.8% respectivamente); seguido por derrumbes (13.18%), deslizamientos (11.51%), huaycos (3.35%) y erosión de laderas (2.72%); por otra parte de acuerdo al reporte de INDECI del 2003 al 2018, las emergencias asociadas con el cambio climático han perjudicado a un total de 166 501 personas, entre damnificados (27_795), afectados (138_631), desaparecidos (7), heridos (35) y fallecidos (33). Siendo el evento extremo de inundación el que ha generado mayor cantidad de personas afectadas (119 300). Con respecto a la salud, hubo un incremento de casos de enfermedades metaxénicas, entre el año 2012 y 2018 con 15814 casos de dengue, debido a que las presencias de lluvias y temperaturas generaron condiciones favorables para la reproducción de los vectores transmisores de esta enfermedad; asimismo los cambio en la temperatura, la variación en la temporalidad e intensidad de las lluvias y el incremento de eventos climáticos extremos impacta en la productividad y manejo de los cultivos agrícolas, afectando el desarrollo de la economía de la región; todo ello conlleva a que la población sea más vulnerable frente al cambio climático.

Por lo tanto, es de suma importancia monitorear el historial de los cambios del clima (temperatura y precipitación), en la región de Ucayali, con la finalidad de identificar escenarios de riesgo, que permitan a los tomadores de decisiones efectuar estrategias, planificar en prospectiva acciones de mitigación control y adaptación ante los eventos inevitables del cambio climático. En ese sentido el objetivo de la presente investigación fue analizar la tendencia espaciotemporal de las variables de Temperatura y Precipitación en el departamento de Ucayali; con este estudio, se pretende aportar información

relevante para identificar la variabilidad climática, así como cambios y tendencias en la temperatura y la precipitación en la región Ucayali durante los últimos 35 años.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años diversos estudios han informado de los efectos de la variabilidad del clima (Umar, Firuz, Zaharin, Rohaizad, & Abel, 2018), como el calentamiento global, que viene cambiado los patrones de precipitación y temperatura en todo el mundo y ha provocado un aumento en la incidencia de eventos de precipitación extrema (Dimitrova, McElroy, Levy, Gershunov, & Benmarhnia, 2022) vinculada a la humedad local ya presente en la atmosfera, la evaporación local y el transporte de humedad a larga distancia (Brubaker, Entekhabi, & Eagleson, 1993), los que representan un impacto directo en las sequías, inundaciones, recursos hídricos y servicios ecosistémicos (Wu, Christidis, & Stott, 2013). El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en su sexto informe de evaluación “Cambio Climático 2021: la Base de la Ciencia Física”, menciona la influencia humana en el aumento de temperatura de la superficie global, comparándolo con actividades por consumo de combustible fósil y la deforestación, desde el periodo de 1850 al 2020 van desde 0,8 a 1,3°C, mientras que el aumento atribuido a erupciones volcánicas y radiación solar es de solo 0,1°C (IPCC, 2021).

América del Sur es una región de grandes extensiones, dónde los eventos extremos de manera diaria de temperatura y precipitación causan varios impactos sociales, económicos y ambientales (Olmo, Bettolli, & Rusticucci, 2020). Las precipitaciones en la Amazonía se ven estrechamente relacionadas por la actividad dinámica de la circulación atmosférica en múltiples escalas espaciotemporales e influenciada por actividades antropogénicas como la deforestación, el cambio de uso de suelo, y el cambio climático son factores que determinan las precipitaciones (Mu & Jones, 2022) y variables clave para el clima, aunque difícil de manejar porque no es una variable continua (Trenberth, Zhang, & Gehne, 2017).

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016), en su tercera comunicación sobre el Cambio Climático en el Perú, determinó, junto a la participación de otras instituciones como SENAMHI, las proyecciones del clima para el Perú, mediante un estudio realizado desde el año 2010 hasta el 2015, en el cual, utilizando dos escenarios de emisiones (RCP 45 y RCP 80); Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés) y tres modelos climáticos 20 globales (CanESM2, CNRM-CM5 y MPI-ESM-MR); se concluyó que los promedios de precipitación y temperatura se incrementarán para el período 2036 – 2065. Asimismo, concluyeron también que la temperatura mínima se incrementará más que la temperatura máxima, es decir, entre 4,0°C y 6,0°C la temperatura mínima, y entre 2,0°C y 3,0°C la temperatura máxima. Además, según el estudio, el incremento de las temperaturas no será homogéneo en el espacio, pues se determinó que los mayores incrementos se producirán en la sierra sur. En cuanto a la precipitación, se observó incrementos promedio de 10% y 30%, señalando que, estos incrementos, mayormente se notan en la sierra norte y costa norte. Asimismo, se señala que la temperatura mínima del aire cercana a la superficie al 2030, aumentaría en el país respecto al clima actual entre 0,4 y 1,4 °C, principalmente en el sector de la costa y selva norte (Piura, Chiclayo y al este de Iquitos), sector central (Cerro de Pasco, Huancayo, Huancavelica) y parte del sector sur andino (Ayacucho, Abancay). Se proyecta que al 2030, en la región de la selva, el área de temperatura mínima de 22-24 °C configuraría mayor amplitud espacial. En el Perú las comunidades dependen en gran medida de las condiciones climáticas debido a las actividades agrícolas en secano, la variabilidad dinámica de las precipitaciones o la temperatura de un año repercuten gravemente en las condiciones de vida (Imfeld, y otros, 2020).

El Clima de la región de Ucayali se caracteriza por ser cálido-húmedo correspondiente a una típica región bioclimática amazónica, donde las temperaturas durante el día son altas y durante la noche es baja con ligera sensación de frio, causado por las fuertes precipitaciones que a su vez son capaces de generar inundaciones

poniendo en riesgo a las poblaciones en todas las provincias (Estrategia Regional contra el cambio climático - Ucayali, ERCCU, 2020). En ese contexto el Ministerio del Ambiente (MINAM 2013) en su informe “Gestión para el cambio climático en Ucayali”, resultado de un estudio realizado de evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC: Proyecciones año 2030 de la región Ucayali; señala que al 2030 la precipitación en Ucayali experimentará ligeras variaciones en un +/- 5% y con respecto a la temperatura del aire señala que las temperaturas máximas y mínimas sufrirán un incremento en 1.5 °C, y la temperatura media aumentaría en 1.7°C.

Los eventos climáticos extremos que vienen aconteciendo en el territorio tales como oleajes de calor, friajes frecuentes (reportes del SENAMHI), abundantes precipitaciones y sequías prolongadas, así como las proyecciones dadas por el MINAM en años anteriores, permite preguntarse ¿Cuál es la tendencia actual de las variables de Temperatura y Precipitación en el departamento de Ucayali? En ese sentido es necesario, desde el punto de vista académico, en función a la línea de investigación: “Mitigación y adaptación al cambio climático”, estudiar el comportamiento, de los últimos 36 años, de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático del departamento de Ucayali, como son la temperatura y la precipitación; con la finalidad de brindar información científica y actualizada, que permitan a los tomadores de decisiones, optar por mejores estrategias para enfrentar los embates del cambio climático en la Amazonía peruana.

1.1. Formulación del problema

1.1.1. Problema General

¿Cuál es la tendencia espaciotemporal de las variables de temperatura y precipitación pluvial en el departamento de Ucayali?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el promedio de las temperatura máxima, media y mínima que registran las estaciones en el departamento de Ucayali, en los últimos 30 años?

- ¿Cuál es el promedio de la precipitación pluvial en el departamento de Ucayali en los últimos 30 años?
- ¿Cuál es la tendencia de la temperatura y precipitación (promedio) en el departamento de Ucayali, en los últimos 30 años?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Analizar la tendencia espaciotemporal de las variables de temperatura y precipitación pluvial en el departamento de Ucayali

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el promedio de la temperatura Máxima, Media y Mínima en el departamento de Ucayali.
- Determinar el promedio de la precipitación pluvial en el departamento de Ucayali.
- Analizar la tendencia de temperatura y precipitación (promedio) en el departamento de Ucayali.

1.3. Hipótesis

H0: Las variables de temperatura y precipitación NO presentan tendencias positivas significativas

H1: Las variables de temperatura y precipitación SI presentan tendencias positivas significativas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Almeida et. al. (2016), Almeida, Oliveira, Delgado, Cubo, & Ramos, (2016) en su estudio de las “Tendencias espaciotemporales de precipitaciones y temperaturas en toda la Amazonía Legal brasileña, 1973–2013” analiza la variabilidad de la precipitación y temperatura (máxima, mínima y media) de 47 estaciones en la región amazónica Brasileña de un periodo de 40 años (1973 – 2013) utilizando la prueba de Mann-Kendal para poder determinar la significancia estadística de las tendencias, mostrando en las temperaturas máximas, mínimas y medias una tendencia de aproximadamente 0,004°C anualmente, mientras que la precipitación mostró una tendencia insignificante en la mayoría de las estaciones estudiadas en series anuales, solo algunas estaciones mostraron una tendencia significativa sobre las precipitaciones anuales tanto de manera creciendo en las estaciones húmedas, como decreciente en las estaciones secas.

Asfaw, Simane, Hassen, & Bantider, (2018) es su investigación sobre la “Variabilidad y análisis de tendencias de series temporales de lluvia y temperatura en el centro-norte de Etiopía: un estudio de caso en la subcuenca de Woleka” empleo un análisis de tendencias para inspeccionar el cambio de precipitación y temperatura en el centro – norte de Etiopía donde utilizó la prueba de Man-Kendall para detectar la serie temporal-tendencia, encontrando una variabilidad intra e interanual de las condiciones de precipitaciones. Encontró además que la tasa de cambio de la temperatura era de 0,046, 0,067 y 0,026°C por década para la media, la mínima y la máxima respectivamente; mientras que el resultado de la prueba de análisis de tendencias Mann-Kendall revelo una tendencia creciente en las temperaturas promedio, mínimas y medias a lo largo del tiempo de una manera significativa, al contrario de lo que demostró la temperatura máxima demostró una tendencia creciente no significativa.

Seneshaw, Hsu, & Pun, (2021) realizó una investigación sobre el "Análisis de detección de tendencias y puntos de cambio de lluvia y temperatura en la cuenca del río Awash de Etiopía" el que se desarrolla en la cuenca del rio Awash, una comunidad que basa su actividad económica principalmente en la agricultura lo cual es dependiente de la lluvia. En su investigación realizó el análisis de tendencia de Prueba de Mann-Kendall con los datos de precipitaciones y temperatura de 29 estaciones de un periodo de 30 años, encontrando una tendencia significativamente creciente de la temperatura anual y estacional y detectando una mayor precipitación en el año 2001, y una menor en el año 1997.

Akter, Mohammed, Jahangir, & Ashraful, (2019) analizo en su investigación sobre "Tendencias observadas en la temperatura y la precipitación en Bangladesh utilizando un enfoque previo al blanqueamiento" las tendencias de temperatura y precipitación durante el periodo de 1966 – 2015 en Bangladesh, para lo cual utilizo las prueba no paramétrica de Mann-Kendall combinando con un enfoque de blanqueamiento previo sin tendencia para corregir la serie temporal y eliminar la influencia de la correlación serial, mientras que el método de la pendiente de Sen se utilizó para la identificación de valor de tendencia. Utilizando las temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales para identificar la tendencia mensual, estacional y anual. Cuatro estaciones son distintas en Bangladesh, a saber, pre-monzón, monzon, post-monzón e invierno. En caso de lluvia, se analizan de manera similar la precipitación media mensual, la precipitación máxima de 1 día y la precipitación máxima de 3 días consecutivos. Para la temperatura mensual máxima, mínima y media, la mayoría de las estaciones muestran una tendencia creciente para los tres índices. La temporada del monzón observa la tendencia creciente más alta de 0,015 °C/año para la temperatura media mensual, mientras que la temporada de invierno muestra una tendencia negativa de -0,002 °C/año. Sobre una base anual, la tendencia es creciente con un valor de 0.008 °C/año o 0.4 °C en 50 años con un nivel de significancia, $p < .05$. Por otro lado, la precipitación media muestra una tendencia

creciente para las tres estaciones a excepción del invierno, sin embargo, el nivel de significancia en este caso es p > .10. La tendencia de la precipitación media anual muestra una tendencia creciente de 5.675 mm/año. La tendencia en un día y la precipitación máxima de tres días consecutivos muestra que la tendencia está aumentando en algunos lugares, mientras que en otros lugares la tendencia está disminuyendo sin cambios significativos, dónde concluye que el clima de Bangladesh se está volviendo más frio y seco durante el invierno y, por otro lado, más cálido y húmedo durante el resto del año.

Siddiqui, et al., (2021) en su estudio sobre el "Análisis de los cambios y tendencias estacionales y anuales de día/noche en la temperatura de la superficie terrestre y la intensidad de la isla de calor urbana superficial (SUHII) para las ciudades indias" han utilizado las pruebas de Mann-Kendall y Seasonal-Kendal junto con el estimados de Theil-Sen lo ha utilizado para los análisis de tendencias, encontrando que rango de temperatura diurna(DTR) ha disminuido de 2001 a 2018 debido a un mayor aumento en el LST (Temperatura de la superficie terrestre) nocturno en comparación con el diurno. El LST nocturno es un mejor indicador para estudiar el efecto del calentamiento urbano debido a su sensibilidad hacia la urbanización. En todas las ciudades se observan tendencias positivas en la LST media anual diurna (0,003 a 0,059 °C/año) y nocturna (0,030 a 0,078 °C/año) en todas las ciudades, excepto en Pune, donde se produce un enfriamiento urbano durante el día. El aumento de la carga de aerosoles (con la consiguiente disminución de la temperatura del aire y la insolación de la superficie) y la cubierta vegetal a lo largo del tiempo se atribuyen como las razones principales del efecto de enfriamiento urbano en Pune durante el día. Los análisis estacionales indican altas tasas de calentamiento durante las temporadas de monzón y verano, particularmente durante la noche (0,062 a 0,1 °C/año). El SUHII nocturno es positivo para todas las ciudades con un SUHII anual medio que oscila entre 1,34 y 2,07 °C.p <0,01) se observan tendencias crecientes en el SUHII anual medio (0,009 °C/año a 0,022 °C/año) para Kolkata y Pune. Se observa una tendencia decreciente en SUHII en Lucknow debido a una mayor tasa de

aumento en LST en áreas no urbanas en comparación con áreas urbanas. El estudio destaca que el entorno geográfico, fisiográfico y climático junto con los procesos antropogénicos en las zonas urbanas y sus alrededores no urbanos son fundamentales para comprender los factores causantes de la exacerbación del fenómeno del calentamiento urbano.

Satish, Tajia, & Abhijeet (2021), en su estudio de "Identificación de sequías y análisis de tendencias de precipitación en el distrito de Beed, Maharashtra" abarco una evaluación espacial y temporal de la sequía meteorológica para el distrito de Beed, un área propensa a sequía, llevando un análisis de tendencia de 34 años de datos de precipitación utilizando pruebas no paramétricas Man-Kendall y el estimador de pendiente de Sen. El comienzo y el final de la tendencia se determinan mediante la prueba secuencial de Man-Kendall; luego utilizaron valores de índice de precipitación estandarizados (SPI) de diferentes escalas de tiempo (1, 3, 6, 9 y 12 meses) para identificar y analizar los eventos de sequía. La evaluación de la distribución espacial del SPI sobre la región lo realizó mediante SIG. Los resultados del análisis de tendencias revelaron que la estación de la región de Beed Este y Oeste muestra tendencias decrecientes no significativas, mientras que Beed Central muestra una tendencia creciente no significativa para la temporada del monzón (de junio a septiembre).

Oh, Son, & Min (2021), en su investigación de el "Posible impacto de la urbanización en la relación precipitación-temperatura extrema en las mega ciudades de Asia oriental" analizo tres regiones de megaciudades (Guangdong en China, Seúl/Gyeonggi en Corea y Tokio en Japón) durante un periodo de 1973 a 2015, exhibiendo tendencias positivas estadísticamente significativas en temperatura y precipitación media y extrema; con excepción en la precipitación media estacional en Tokio, que no muestra una tendencia clara a largo plazo.

Puertas, Carvajal, & Quintero (2011), en su estudio de las "Tendencias de la Precipitación mensual en la cuenca alta-media del rio cauca, Colombia" analizó las

tendencias de la precipitación mensual entre los años de 1975-2006, en parámetros de precipitación total-anual, mensual-multianual y semianual-trimestral; con la utilización de la prueba no paramétrica de Mann-Kendall, aplicadas en 108 estaciones pluviométricas, ubicadas en la cuenca alta-media del rio Cauda, teniendo como resultado dónde la precipitación anual presento tendencias significativas con una variación de -9.3% hasta +6.5% por decenio con promedio de -0.7% para 24 estaciones.

Rojas, Arce, Peña, Boshell, & Ayarza (2010), en su investigación sobre la "Cuantificación e interpolación de tendencias locales de temperatura y precipitación en zonas alto andinas de Cundinamarca y Boyacá (Colombia)" realizó un análisis de las series de tiempo de un total de 31 estaciones meteorológicas de la zona altoandina de Cundinamarca y Boyacá en un periodo de 23 años (1985 a 2008) utilizando el método de pendiente de Sen y la Prueba de Mann-Kendal para determinar el nivel de confianza, mostrando niveles de confianza significativa mayor a 90% en la temperatura máxima; mientras que la temperatura mínima, también mostro una tendencia positiva con mayores niveles de confianza mayor a 95%. La precipitación mostró tendencias significativas en 7 de 31 estaciones.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Almidón & Susans (2019), realizó un "Análisis de tendencias de precipitación y temperatura (1970-2017) en la ciudad de Puerto Maldonado, Perú" dónde utilizó series de temperatura media, máxima y mínima y de la precipitación en un periodo de 47 años (1970-2017) de la estación meteorológica de Puerto Maldonado y los bases de datos climatológicos en un periodo de 34 años (1981-2015) de Pisco de Senamhi; la metodología de Mann-Kendall lo utilizó para el análisis de tendencias y el test de Perritt para determinar los años probables de cambio en las tendencias con la utilización del paquete de trend de R, tendiendo como resultado un incremento significativo de 2.4°C en la temperatura media y de 2.34°C en la temperatura máxima mientras que se mostró incrementos no significativos para las temperaturas mínimas, la precipitación no presento

incremento. Al momento de la modelación encontró un incremento significativo en 0.47 °C (Tmean), en 0.44° C (Tmax) y 0.49°C (Tmin) (1981-2015). En los registros observados de temperatura media, máxima y mínima anual y mensual se encontró una tendencia positiva significativa (P-value < 0.05) y la precipitación anual observada no mostró ninguna tendencia; sin embargo, en la temperatura máxima y precipitación anual modelada no se encontró tendencias (P-value > 0.05).

Pauca, et al. (2020), en su investigación sobre el "Análisis espacio temporal y climático del humedad altoandino de Chalhuanca (Perú) durante el periodo de 1926-2016" utilizó para la precipitación, temperatura máxima y mínima análisis de medias, móviles, tendencias lineales y la prueba no paramétrica de Mann-Kendall teniendo como resultado incrementos en la precipitación 32 mm/dec, en la temperatura máxima de 0,3 °C/dec y en la temperatura mínimas de 0,6 °C/dec, mostrando significancia la temperatura máxima y mínima.

Belizario (2015), analizó los "Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú" trabajando con series históricas de temperaturas extremas y precipitaciones pluviales de 46 años conformado por 10 estaciones meteorológicas seleccionados en base a la longitud de las series, luego lo analizó mediante las pruebas no paramétricas con 0.01, 0.05 y 0.20 niveles de significancia. Teniendo que las temperaturas tienen tendencias a incrementar en 0.04°C anualmente, las medias mostraron un incremente anual de 0.025°C, mientras que las mínimas no mostraron variaciones significativas y las precipitaciones mostraron aumentos significativos.

Aguilar (2017), en su investigación de "Análisis de tendencias de temperatura y precipitación en la cuenca del río Ilave-Puno" donde presento una tendencia de incremento leve significativa en la temperatura, y en la zona media de la cuenca presento un ascenso moderado de temperatura de 1°C, y en la zona alta un incremento de temperatura al año 2050, presento una variación de la precipitación en la zona baja de

143 mm a 154 mm con una tendencia moderado de incremento, en la zona media de 143 a 13 mm con incremento leve, mientras que en la zona alta de 27 a -62 mm indicando ausencia de lluvias al año 2050.

2.1.3. Antecedentes Locales

Guadalupe (2014), en su investigación titulada "Análisis de las variables meteorológicas temperatura y precipitación y su influencia en los aspectos socio ambientales en la provincia de Coronel Portillo, Ucayali". explica qué se registra en los meses de junio y julio (invierno) valores mínimos de temperatura, que oscila entre 24°C a 25°C, los meses más calurosos son de octubre a diciembre (primavera), con temperaturas que oscilan de 26°C a 27°C. En tanto que los valores máximos de precipitación varían entre 219 mm y 1080 mm, en el caso de los valores mínimos de precipitación, éstos varían entre 0 a 24.5 mm. La variación de temperatura y precipitación genera inundaciones, deslizamientos, aluviones y sequías, estos eventos inciden directamente en los aspectos socio ambientales ocasionando pérdidas de vidas humanas, bienes materiales, daños a los medios de producción, salud, agricultura y al ambiente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. *Tendencia de espacio temporal de las variables de temperatura y precipitación*

2.2.1.1. Registros de temperatura de estaciones meteorológicas

El registro de temperaturas muestra las oscilaciones de la temperatura de la atmósfera y de los océanos a través de varios intervalos de tiempo. La información registrada de manera detallada y consistente data desde los años 1850, cuando se empiezan con los registros metódicos de termometría; desde aquella fecha existen numerosas estimaciones de temperaturas desde finales de la glaciación del Pleistoceno, particularmente durante la época del Holoceno, y periodos más antiguos son estudiados por la paleoclimatología; los cambios de temperatura varían a lo largo del mundo, pero

desde 1880, la temperatura promedio de la superficie de la Tierra ha aumentado alrededor de 0.8 °C; la velocidad de calentamiento casi se duplicó en la segunda mitad de dicho periodo teniendo una variación de 0.13 ± 0.03 °C a 0.07 ± 0.02 °C por década (NASA,2015).

2.2.1.2. Registros de precipitación de las estaciones meteorológicas

Los registros de precipitación son datos que permiten conocer la cantidad de lluvia que cae en un lugar y en un período de tiempo determinado. Estos registros pueden ser obtenidos mediante el uso de pluviógrafos, pluviómetros, radares meteorológicos o sistemas de interpolación. (Rodriguez, 2011)

2.2.1.3. Tendencia de temperatura y precipitación (promedio)

Levin & Rubín (2004), menciona que la tendencia representa la dirección a largo plazo de una serie; para describir el componente que corresponde a la tendencia se deberá ajustar visualmente una recta a un conjunto de puntos desplazados en la gráfica; también se podría ajustar la línea de tendencia con la aplicación del método de mínimos cuadrados. Las tendencias pueden presentarse de manera recta o curvilíneas y antes de analizar el método lineal o de línea recta para proceder a describir la tendencia se deberá tener en cuenta que no todas las relaciones pueden tomar esa forma.

a. Tendencia de la temperatura mínima.

   Es el comportamiento lineal de la temperatura mínima del aire registrada durante un periodo de observación (mínimo 30 años). La temperatura mínima es uno de los elementos más importantes del tiempo, que ejerce gran influencia en la vida humana, en la de los animales y de las plantas.

b. Tendencia de la temperatura máxima.

   Se entiende por tendencia de temperatura máxima al comportamiento lineal de los valores más altos de temperatura alcanzado en un período de tiempo.

Teniendo en cuenta la adversidad del fenómeno meteorológico, tanto por su carácter inusual desde el punto de vista climatológico, como por la potencial peligrosidad, se han establecido unos umbrales

c. Tendencia de la temperatura media.

   Se trata de los promedios estadísticos obtenidos entre las temperaturas máximas y mínimas. Con las temperaturas medias mensuales (promedio de las temperaturas medias diarias a lo largo del mes) se obtiene un gráfico lineal de las temperaturas medias de un lugar para un tiempo determinado.

d. Tendencia de Precipitación.

   La tendencia de precipitación es el estudio de cómo cambia la cantidad de agua que cae al suelo en un determinado período de tiempo. La precipitación se mide en milímetros de agua o litros por metro cuadrado (m^2).

2.2.2. Clima

La variabilidad climática actual ya está imponiendo un desafío significativo (Asfaw, Simane, Hassen, & Bantider, 2018)

La modificación del clima se expresa a través del incremento en cantidad e intensidad de fenómenos como sequías, lluvias y huracanes, que tienen consecuencias importantes para la sociedad, principalmente en poblaciones vulnerables de áreas rurales caracterizadas por la dependencia de la agricultura como primer eslabón de la población económicamente activa. Otro efecto la disminución de la producción, cadena de suministro, comercio, inversiones hasta relaciones políticas a nivel territorial lo que conlleva a asegurar que el cambio climático es una amenaza constante para el crecimiento económico de los pueblos, la seguridad alimentaria y situaciones adversas para la sociedad (IPCC, 2014)

Los gases de efecto invernadero, las lluvias masivas y la extinción de la vida marina son los problemas del cambio climático (CC) que afectan al mundo.

Desafortunadamente, muchos todavía no los consideran serios. Las organizaciones mundiales de la naturaleza y los individuos han tomado varias medidas para resolver estos problemas de CC en todo el mundo. Puede tomar millones de dólares en fondos y probablemente otra década para restaurar la calidad de la tierra. Aun así, un desafío mucho mayor es educar a las personas para que sean más responsables con la naturaleza (Munirrah, y otros, 2022).

2.2.3. Factores Climáticos

Los factores climáticos se derivan de temperaturas mensuales y valores de precipitaciones y se utilizan en modelización de nichos u otros tipos de análisis espacial en SIG. Representan valores anuales, estacionales y factores ambientales limitantes. Estas variables climáticas asimilan o semejan las variables climáticas actuales. Se designan con el prefijo bio y se relacionan con la temperatura expresada en grados Celsius y la precipitación en milímetros.

2.2.4. Cambio Climático

El término “cambio climático” se refiere a la gama más amplia de cambios locales, regionales y globales en los patrones climáticos promedio, impulsados principalmente, en los últimos 100 años, por actividades antropogénicas (Bindoff, y otros, 2013). El cambio climático ya está afectando negativamente la vida en la tierra y una amplia gama de actividades humanas (Surminski, Barnes, & Vicente, 2022) y el estudio del mismo y su variabilidad requiere un registro de datos prolongado que permita la evaluación del clima y los desastres naturales asociados (Zambrano, Wardlow, Tadesse, Saavedra, & Lagos, 2017).

El fenómeno del cambio climático al crear cambios en dos parámetros principales de temperatura y lluvia conduce a un cambio en una situación de alimentación que resulta de la lluvia y la escorrentía en las aguas superficiales y cuencas hidrográficas y también cambios en la evaporación superficial de los recursos hídricos en diferentes partes de la

tierra; asimismo, clima en los últimos miles de años ha tenido muchas transformaciones; siendo uno de los recursos más importantes y desconocidos para predecir cambios climáticos futuros son los resultados de las actividades humanas, dónde la mayoría de los cambios climáticos dependen de la emisión de gases de efecto invernadero y sus cambios (Javaherian, Ebrahimi, & Aminnejad, 2021).

El cambio climático es un término utilizado para describir el calentamiento global inducido por el hombre y sus impactos en los patrones climáticos. Es una ramificación de las poblaciones en expansión y la intensificación de la energía necesaria para satisfacer las necesidades suficientes de alimentos y energía. La principal causa es la acumulación de gases de efecto invernadero (principalmente dióxido de carbono y metano), que son un subproducto de la quema de combustibles fósiles. El dióxido de carbono resultante absorbe la radiación infrarroja (calor), lo que aumenta la temperatura de la superficie y provoca el calentamiento global (Rothenberg, 2022).

2.2.5. Calentamiento Global

El término “calentamiento global” se refiere al cambio promedio a largo plazo en las temperaturas de la superficie global desde el período preindustrial, forzado por el aumento de las emisiones antropógenos de gases de efecto invernadero a la atmósfera. 'Forzar' se refiere a los procesos físicos que afectan el clima a través de una serie de factores de forzamiento que impulsan el cambio climático y un proceso crónico puntuado por episodios agudos de eventos climáticos extremos, es una crisis de salud global insidiosa que necesita al menos tanta atención (Gulcebi, et al., 2021).

Se estimó que el calentamiento durante el período 1986-2005 osciló entre 0,55 °C y 0,80 °C (Hawkins, et al., 2017)

2.2.6. Análisis de Consistencia de las Dinámicas Espaciotemporal de Temperatura y Precipitación

Villón (2006), menciona que para analizar la dinámica a través del tiempo de los datos de temperatura y precipitación, se debe buscar la información de las estaciones meteorológicas en el ámbito de estudio y una vez obtenido se debe asegurar la confiabilidad de la información realizando un análisis de consistencia, con la utilización de métodos estadísticos los que permitirán la identificación, evaluación y desechar los errores sistemáticos a ocurrir, causando de manera natural o antropogénica. Mientras que la no homogeneidad e inconsistencia vienen a ser causales de la modificación expuesta la información, presentando el estudio de este una gran importancia al momento de determinar los errores presentes de manera sistemática que puedan causar afectación. La inconsistencia es sinónimo de error sistemático, presentándose como saltos y tendencias; siendo la no homogeneidad definida como aquellos cambios que se dan en los datos vírgenes con el tiempo. La no homogeneidad en el tiempo de las precipitaciones y tiempo se ven influencias a factores antropogénicos (deforestación, etc.) o factores naturales como los desastres naturales (inundaciones, derrumbes, etc.). La inconsistencia de una serie de tiempo está dada por la introducción de errores sistemáticos (cambio en la estación de registro, inadecuada toma de datos, etc.). Esta inconsistencia y no homogeneidad se pone de manifiesto con la presencia de saltos y/o tendencias en las series hidrológicas afectando las características estadísticas de dichas series, tales como la media, desviación estándar y correlación serial. El análisis de consistencia de la información es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo.

2.2.7. Serie Temporal

Una serie temporal es un conjunto de observaciones de manera ordenada en el tiempo o la evolución de un fenómeno o variable a lo largo de él. Puede trabajarse con variables de carácter económico (ventas, consumo, etc.) físico (evolución de la

temperatura, precipitación de un lugar, etc.) o social (número de habitantes de una región, número de alumnos, etc.). Tiene como objetivo conocer el patrón de comportamiento, aunque en su mayoría son de fenómeno aleatorio, de tal forma que el estudio de su comportamiento pasado solo permitirá un acercamiento a un modelo probabilístico (Pepió, 2009).

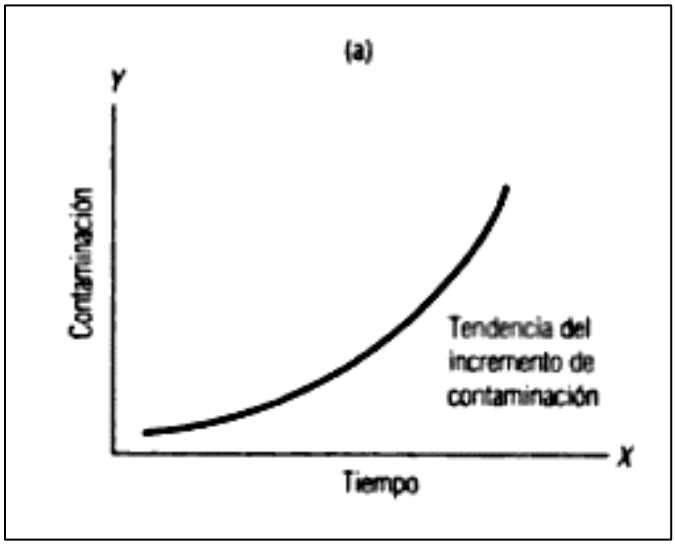
2.2.8. Pruebas Estadísticos

Las pruebas estadísticas se emplean con la finalidad de establecer la probabilidad de que una conclusión obtenida a partir de una muestra sea aplicable a la población de la cual se obtuvo una serie de datos; en tal sentido para la presente investigación se realizará las pruebas estadísticas a nivel anual, con la data completada y extendida, que será utilizado en el software Trend. A continuación, se describen las pruebas estadísticas que se ha utilizado.

Ajuste de Tendencia Lineal con el Método de Mínimos Cuadrados

Las tendencias se pueden describir por una curva, así como por una curva recta las que se denominan tendencias lineales, para lo que necesitamos conocer primero la ecuación para su estimación:

Figura 1. *Esquema de relaciones de tendencias curvilíneas.*



$$Y = a + bX$$

Donde:

Y = valor estimado de la variable dependiente

X = Variable dependiente (tiempo en el análisis de tendencia)

a = ordenada Y (el valor de Y cuando X=0

b = pendiente de la recta de tendencia

Se puede describir la tendencia general en diferentes datos con la utilización de una línea recta, pero nos vemos obligados a buscar una recta o ecuación de mejor ajuste, para lo que se puede utilizar de la misma manera el método de mínimos cuadrados que mostramos a continuación:

Ecuación 1. Pendiente de la recta de regresión de mejor ajuste

$$b = \frac{\sum \mathrm{XY} - \mathrm{n}\hat{\mathrm{U}}\hat{\mathrm{A}}}{\sum X^2 - n\hat{\mathrm{U}}^2}$$

Ecuación 2. Ordenada Û de la recta de regresión

$$a = \hat{\mathrm{U}} - b\hat{\mathrm{A}}$$

Donde:

Y = valores de variable dependiente

X = valores de la variable independiente

Û = media de los valores de la variable dependiente

Â = media de los valores de la variable independiente

n = número de datos en la serie de tiempo

a = ordenada Y

b = pendiente

Con las ecuaciones mencionadas se puede establecer una recta que mejor ajusta para la correcta descripción de los datos (Levin & Rubin, 2004).

Pruebas de tendencias.

Las pruebas de tendencias es un método para analizar los datos estadísticos y el comportamiento de una variable registrado durante un periodo de tiempo definido.

- **Test Mann-Kendall.**

  Es una de las pruebas de tendencia sin distribución ampliamente utilizadas en series de tiempo. Las pruebas sin distribución tienen la ventaja de que su poder e importancia no se ven afectados por la distribución real de los datos. Esto contrasta con las pruebas de tendencias paramétricas, como la prueba del coeficiente de regresión (Malas & Sankarasubramanian, 2003) que asumen que los datos siguen la distribución Normal, y cuyo poder puede reducirse considerablemente en el caso de datos asimétricos (Yue, Pilón, & Cavadías, Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series, 2002). Por lo tanto, la prueba de tendencia de Mann-Kendall se ha utilizado ampliamente para probar tendencias en muchas series de tiempo naturales que se desvían significativamente de la distribución normal, como las series de tiempo de temperatura, lluvia, flujo de río y calidad del agua. Sin embargo, una suposición básica para la prueba original de Mann-Kendall es que los datos son aleatorios y están distribuidos de manera idéntica, lo que rara vez ocurre en las series de tiempo naturales (Hamed, 2009).

- **Regresión Lineal (Paramétrica)**

  Se trata de una prueba paramétrica que supone que los datos se distribuyen normalmente. Comprueba si hay una tendencia lineal mediante el examen de la

relación entre el tiempo (x) y la variable de interés (y). El gradiente de regresión se calcula por:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

La prueba de regresión lineal asume que los datos se distribuyen normalmente y que los errores (desviaciones de la tendencia) son independientes y sigue la misma distribución normal con media cero.

Pruebas de Quiebres de medias/medianas (Saltos).

Las pruebas de quiebres de medias o mediana es un método para analizar si los datos registrados presentan dos partes que difieren estadísticamente entre en un mismo periodo evaluado

- **CUSUM (Suma Acumulada)**

  Este método comprueba si el medio en dos partes de un registro es diferente (para un tiempo desconocido de cambio). Es una prueba no paramétrica (distribución libre). Dado las series de tiempo de datos (x1, x2, x3, ….., xn), la prueba estadística se define como:

$$V_K = \sum_{i=1}^{k} sgn(X_i - X_{mediana})$$

k = 1,2,,3, ….. , n

sgn(x) = 1 for x > 0
sgn(x) = 0 for x = 0
sgn(x) = -1 for x < 0

Donde:

$X_{mediana}$: es el valor de la mediana de Xi

La distribución de Vk sigue la Kolmogorov-Smirnov para dos muestras:

$$(K_S = (2 / n) \max | V_k |)$$

Con los valores críticos de max | Vk | dada por:

α= 0.10	1.22 (n)^0.5
α= 0.05	1.36 (n)^0.5
α= 0.01	1.63 (n)^0.5

Un valor negativo de Vk indica que la última parte de la data histórica tiene una mediana superior a la primera parte y viceversa.

- **Desviación Acumulada (Cumulative deviation)**

Este método comprueba si las series de tiempo dividido en dos partes son diferentes (para un tiempo desconocido de cambio). La prueba supone que los datos se distribuyen normalmente.

$$E(xi) = \mu$$
$$i = 1,2,3,\ldots..,m$$
$$E(xi) = \mu + \Delta$$
$$i = m+1,\ m+1, m+2, \ldots.., n$$

Donde μ es la media antes de la modificación y Δ es el cambio en la media. Las desviaciones acumulativas de los medios se calculan como:

$$S_0^* = 0 \qquad S_K^* = \sum_{i=1}^{k}(X_i - \bar{X})$$
$$k = 1,2,3, \ldots\ldots.., n$$

Y las sumas parciales ajustadas a escala modificada se obtienen dividiendo los valores Sk* por la desviación estándar:

$$S_K^{**} = S_K^* / D_X$$

$$D_x^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Se calcula para cada año, con el valor más alto indica el punto de cambio. Valores críticos de Q / √ n se dan en la siguiente tabla. Un valor negativo de Sk* Indica que a última parte del registro tiene una media superior a la primera parte y viceversa.

- **Suma de Rangos (Rank Sum)**

  Este método evalúa si las medianas de dos períodos son diferentes. Para calcular el estadístico de la prueba de suma de rangos: clasifique todos los datos, a partir del 1 (el más pequeño) a N (grande). En el caso de las relaciones (valores iguales en los datos), utilizará el promedio de filas.

  Calcular una estadística S como la suma de rangos de las observaciones en el grupo más pequeño (el número de observaciones en el grupo más pequeño se denota como N, y el número de observaciones en el grupo más grande se denota como m); y calcular la media teórica y la desviación estándar de S para toda la muestra.

$$\mu = n\,(N + 1) / 2$$

$$\delta = [n\,m\,(N + 1) / 12]^{0.5}$$

La forma estandarizada de los Zrs Prueba estadística se calcula como:

$$Z_{rs} = (S - 0.5 - \mu) / \delta \quad \text{Si } S > \mu$$

$$Z_{rs} = 0 \quad \text{Si } S = \mu$$

$$Z_{rs} = S + 0.5 - \mu / \delta \quad \text{Si } S < \mu$$

Zrs es una distribución aproximadamente normal, y los valores estadísticos de prueba críticos para varios niveles de significación se pueden obtener a partir de tablas de probabilidad normales.

2.2.9. Pruebas de Hipótesis

La prueba de hipótesis usa datos para decidir entre dos posibilidades, a menudo para distinguir la estructura de la mera aleatoriedad como una entrada útil para la toma de decisiones ejecutivas. Definiremos una hipótesis como cualquier afirmación sobre la población; los datos te ayudarán a decidir qué hipótesis aceptar como verdadera. Existirán dos hipótesis que jugarán roles diferentes: La hipótesis nula representa el incumplimiento, para ser aceptado en ausencia de evidencia en su contra; la hipótesis de investigación tiene la carga de la prueba, requiriendo evidencia convincente para su aceptación. Aceptar la hipótesis nula es una conclusión débil, mientras que rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de investigación es una conclusión fuerte y conduce a un resultado estadísticamente significativo. Toda prueba de hipótesis puede producir una *p*-valor (usando software estadístico) que le dice qué tan sorprendido estaría si supiera que la hipótesis nula ha producido los datos, con valores de *p* más pequeños que indican más sorpresa y conducen a la significación. Por convención, un resultado es estadísticamente significativo si $p < 0,05$, es muy significativo si $p < 0,01$, es muy significativo si $p < 0,001$ y no es significativo si $p > 0,05$. Hay dos tipos de errores que puede cometer al probar una hipótesis. El error tipo I se comete cuando la hipótesis nula es verdadera, pero la rechazas y (erróneamente) declaras que tu resultado es estadísticamente significativo; la probabilidad de este error se controla convencionalmente al nivel del 5 % (pero puede establecer este nivel de prueba o nivel de significación en otros valores, como 1 %, 0,1 % o quizás incluso 10 %). El error de tipo II se comete cuando la hipótesis de la investigación es verdadera, pero usted acepta (erróneamente) la

hipótesis nula y declara que el resultado no es significativo; la probabilidad de este error no se controla fácilmente (Siegel & Wagner, 2022).

2.2.10. Nivel de Significancia

El nivel de significancia cumple una función muy importante en las pruebas de hipótesis, ya que mediante este se establece, a priori, el nivel de error que el investigador está dispuesto a aceptar; especifica que tanto riesgo se puede asimilar para que las conclusiones sean erróneas; se refiere a una pequeña parte de los extremos de una distribución muestral. Si es valor que se busca se ubica dentro de esa zona, entonces se puede concluir que no es posible que el evento ocurra debido al azar, por lo que se rechaza la hipótesis nula (Ho) y; por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa (H1). Se le denomina alfa (α) al nivel de significancia; valores α =0.05, ó 5%, son los más utilizados, lo que significa que 95 de cada 100 veces, el valor que se obtenga reflejará el valor verdadero de la población, y que 5 veces de 100 no lo reflejará (habrá un error). Si α es muy alto, hay mayor probabilidad de rechazar la Ho y cometer un error tipo I (rechazar una Ho que es verdadera), mientras si α es muy bajo, hay mayor posibilidad de cometer un error de tipo II (aceptar una Ho que es falsa) (Moncada, 1970).

2.2.11. Definición de Términos Básicos

Clima: El clima se define como el conjunto de condiciones atmosféricas que varían de acuerdo con los estados y evoluciones del tiempo de una región determinada (Ramírez, Acosta, & Vélez, 2017)

Precipitación: Es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra

puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo (Ciclo hidrológico, 2022).

Prueba de Mann-Kendall: La prueba estadística no paramétrica de Mann-Kendall (MK) se ha utilizado popularmente para evaluar la importancia de la tendencia en series temporales hidrológicas. La prueba requiere que los datos de la muestra sean serialmente independientes. Cuando los datos de muestra se correlacionan en serie, la presencia de correlación en serie en la serie de tiempo afectará la capacidad de la prueba para evaluar correctamente la importancia de la tendencia (Yue & Yuan, 2004).

Temperatura: Es una magnitud referida a las nociones comunes de calor o frío, por lo general un objeto más "caliente" tendrá una temperatura mayor. Físicamente es una magnitud escalar dada por una función creciente del grado de agitación de las partículas de los materiales. A mayor agitación, mayor temperatura. Así, en la escala microscópica, la temperatura se define como el promedio de la energía de los movimientos de una partícula individual por grado de libertad (Termosistemas, 2022).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprendió todo el territorio de la región Ucayali[1], cuyo punto central fue en la estación meteorológica ubicada en la Universidad Nacional de Ucayali, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, en la zona céntrica de la ciudad de Pucallpa, se ubica según el sistema de coordenadas geográficas WGS 84 en:

Tabla 1. *Estaciones Meteorológicas ubicadas en la región de Ucayali.*

N°	TIPO DE ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	UBICACIÓN	CÓDIGO
01	Estaciones Automáticas	Santa Ana	Padre Abad - Ucayali	**47E8568A**
02	Estaciones Automáticas	Callería	Callería-Coronel Portillo Ucayali	**47E86310**
03	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	Pucallpa	Callería-Coronel Portillo Ucayali	**108021**
04	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	El Boquerón	Padre Abad - Ucayali	**109090**
05	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	El Maronal	Curimaná-Padre Abad - Ucayali	**108027**
06	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo real*	San Alejandro	Irazola-Padre Abad - Ucayali	**100121**
07	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo real*	Aguaytía	Padre Abad-Padre Abad - Ucayali	**108028**

* En Horas Establecidas 07, 13 y 19h.

[1] **NOTA:** Es preciso aclarar que la región Ucayali solo cuenta con 7 estaciones meteorológicas distribuidas en mayor cantidad entre la zona de la Provincia de Padre Abad y Coronel Portillo, para el presente estudio se tomó los valores de la estación de Coronel portillo para todo el ámbito de la provincia de Atalaya y Purús por tener condiciones climáticas, topográficas y de vegetación similar.

Figura 2. *Mapa de ubicación de estaciones Meteorológicas del estudio.*



3.2. Método de investigación

3.2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva longitudinal, el cual permite medir el efecto del tiempo en cada una de las variables a analizar (García, 2006) cuya longitud o duración depende de los objetivos de la investigación y de las características del fenómeno en estudio (Moya, 1986).

3.2.2. Nivel de investigación

La investigación fue de nivel aplicada el cual busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto (Lozada, 2014).

3.2.3. Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo en la cual recoge y analiza los datos sobre variables, tratando de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones, su estructura dinámica (Fernández & Díaz, 2002).

3.2.4. Diseño de Investigación

Diseño longitudinal. Se toma una muestra del objeto de investigación, la misma que es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por periodos bastantes largos, como se muestra en el diagrama:



Donde:

M: Muestra del estudio

t1 a t2: Momentos en que se hacen las observaciones

O1 a O2: Observaciones o mediciones de las variables de estudio

La ventaja del diseño longitudinal es que: proporciona información bastante confiable de los cambios observados en la variable estudiada.

La desventaja está en que el estudio lleva mucho tiempo para extraer conclusiones.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por los datos[2] de las estaciones meteorológicas[3] que se registran dentro de área de trabajo del Departamento de Ucayali, que son:

[2] Los datos obtenidos para temperatura son medias mensuales y anuales y con respecto a la precipitación son datos de sumatorias totales mensuales y totales anuales

[3] Ucayali tiene instalados pocas estaciones meteorológicas por lo tanto se consideró a todas las estaciones como población.

Tabla 2. *Datos de la población de estaciones a evaluar.*

N°	TIPO DE ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	UBICACIÓN	CÓDIGO
01	Estaciones Automáticas	Santa Ana	Padre Abad - Ucayali	**47E8568A**
02	Estaciones Automáticas	Callería	Callería-Coronel Portillo Ucayali	**47E86310**
03	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	Pucallpa	Callería-Coronel Portillo Ucayali	**108021**
04	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	El Boquerón	Padre Abad - Ucayali	**109090**
05	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	El Maronal	Curimaná-Padre Abad - Ucayali	**108027**
06	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo real*	San Alejandro	Irazola-Padre Abad - Ucayali	**100121**
07	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo real*	Aguaytía	Padre Abad-Padre Abad - Ucayali	**108028**

* En Horas Establecidas 07, 13 y 19h.

3.3.2. Muestra

Lo constituye los datos de las estaciones activas[4] que emiten datos con una frecuencia mayor a 20 años, estas estaciones fueron:

Tabla 3. *Datos de la muestra de estaciones meteorológicas a evaluar.*

N°	TIPO DE ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	UBICACIÓN	CÓDIGO	OPERADOR
01	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	PUCALLPA	Callería-Coronel Portillo Ucayali	108021	**SENAMHI ACTIVO**
02	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo diferido	EL MARONAL	Curimaná-Padre Abad - Ucayali	108027	**SENAMHI ACTIVO**
03	Estaciones Convencionales con	SAN ALEJANDRO	Irazola-Padre Abad - Ucayali	100121	**SENAMHI ACTIVO**

[4] Para definir que existe cambios significativos del clima de un determinado territorio se necesita trabajar con todas las estaciones meteorológicas activas existentes en el territorio y que guardan datos con mayor historial posible

	recepción de datos en tiempo real*				
04	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo real*	AGUAYTÍA	Padre Abad-Padre Abad - Ucayali	108028	**SENAMHI ACTIVO**
*05	Estaciones Convencionales con recepción de datos en tiempo real*	UNU	Callería-Coronel Portillo Ucayali		**UNU-SENAMHI ACTIVO**

* Se tomaron los datos de la Estación de la Universidad Nacional de Ucayali, como testigo de las demás estaciones, por presentar registros más antiguos en la región de Ucayali.

3.4. Procedimiento de recolección de datos

Se realizó la recolección de datos de las estaciones meteorológicas desde los años de 1985 al 2021, para observar las tendencias de las variables de precipitación y temperatura de manera espaciotemporales.

3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.5.1. Técnicas

Para la recolección de datos, existen diferentes técnicas e instrumentos tales como: las encuestas, entrevistas, pruebas, evaluaciones fisiológicas, observaciones, revisión de registros existentes, etc. Para la presente investigación se utilizó la técnica e instrumentos de recolección de datos mediante entrevistas y revisión de registros existentes; mediante trato directo con la Universidad Nacional de Ucayali, en el área de la Estación Meteorológica que diariamente recolecta información de su ámbito de influencia en la ciudad de Pucallpa, así mismo la información complementaria de las demás estaciones dentro de la Región Ucayali se descargó del servidor de SENAMHI. (https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones).

Así mismo se recopiló información sobre estudios similares para dar sustento a la investigación.

3.5.2. Materiales y equipos

- Papel bond 80g formato A-4
- Útiles de escritorio
- Tóner para impresora 85 – A
- Memoria USB
- Computadora
- Impresora a tinta Edson L355
- Software: SPSS, Trend
- Microsoft (Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point Microsoft.

3.6. Tratamiento de datos

3.6.1. Tendencia de espacio temporal de las variables de temperatura y precipitación

- ***Recolección de información de temperatura que registran las estaciones meteorológicas***

  Se recolectó los datos promedios mensuales de temperatura máxima, mínima y media, mediante la recopilación de información de la estación meteorológica ubicada en los terrenos de la Universidad Nacional de Ucayali el cual es de tipo convencional, mientras que los datos de las demás estaciones meteorológicas se obtuvieron mediante solicitud al Senamhi, para los cuales brindaron solo datos de promedios mensuales de temperatura media.

Tabla 4. *Periodos de temperatura de las estaciones meteorológicas a evaluar.*

Estación	Código	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Desde	Hasta	Rango Temporal (años)
Estación Pucallpa	000449	08° 24' 47.62"	74° 34' 18.67"	162	1994	2021	27
Estación Maronal	000459	8° 27' 0"	75° 5' 48.5"	178	1997	2021	24
Estación San Alejandro	002412	8° 50' 4"	75° 12' 59.01"	216	1999	2021	22
Estación Aguaytía	000462	9° 2' 32.11"	75° 30' 22.46"	316	1997	2021	24

Estación Meteorológica Agrícola de la Universidad Nacional de Ucayali[5]	S/N	8º22'00"	74°53'00"	154	1984	2021	37

- ***Recolección de información de precipitación que registran las estaciones meteorológicas***

  Se recolectó los datos de sumatorios totales mensuales de precipitación diaria mediante la recopilación de información de la estación meteorológica ubicada en los terrenos de la Universidad Nacional de Ucayali y para los demás datos de las estaciones meteorológicas se obtuvieron mediante solicitud al Senamhi (datos de sumatorias mensuales de precipitación diaria) que a continuación se detalla.

Tabla 5. *Periodos de precipitación de las estaciones meteorológicas a evaluar.*

Estación	Código	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Desde	Hasta	Rango Temporal (años)
Estación Pucallpa	000449	08° 24' 47.62"	74° 34' 18.67"	162	1994	2021	27
Estación Maronal	000459	8° 27' 0"	75° 5' 48.5"	178	1993	2021	28
Estación San Alejandro	002412	8° 50' 4"	75° 12' 59.01"	216	2000	2021	21
Estación Aguaytía	000462	9° 2' 32.11"	75° 30' 22.46"	316	1985	2021	36
Estación Meteorológica Agrícola de la Universidad Nacional de Ucayali	S/N	8º22'00"	74°53'00"	154	1984	2021	37

3.6.2. Procesamiento de la información recopilada

Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizó el software de información estadística que nos proporciona el SPSS22, evaluando mediante un análisis

[5] La Estación de la Universidad Nacional de Ucayali, se toma como testigo de las demás estaciones, por presentar registros más antiguos en la región de Ucayali.

estadístico y estableciendo un nivel de confianza del 95% para la media de las propiedades analizadas.

- **Criterios para analizar las muestras:**

  Se realizó las pruebas de Distribución Normal de los datos de temperatura media, para lo cual se utilizó el estadístico de Shapiro Wilk, debido a que el número de individuos no es mayor de 50 (N<50), con un nivel de probabilidad del 95% y el p valor menor a 5% (p<0,05).

Tabla 6. *Pruebas de normalidad de Temperatura media anual*

Estaciones meteorológicas	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig[6].
Estación Pucallpa	0.983	28	0.912
Estación Maronal	0.947	25	0.216
Estación San Alejandro	0.956	23	0.392
Estación Aguaytía	0.964	25	0.495
Estación Meteorológica Agrícola de la Universidad Nacional de Ucayali	0.903	38	0.003

Los resultados de las pruebas demuestran que los datos de las 4 estaciones meteorológicas de administración del Senamhi presentan una distribución normal,

[6] Es el valor de la Significancia estadística que aparece en los resultados de los procesos de los softwares estadísticos.

a excepción de la estación Meteorológica Agrícola de la Universidad Nacional de Ucayali que presenta un resultado por debajo del p_valor[7] esperado (0.05)

Tabla 7. *Pruebas de normalidad de Precipitación anual.*

Estaciones meteorológicas.	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Estación Pucallpa	0.968	28	0.534
Estación Maronal	0.988	29	0.983
Estación San Alejandro	0.959	22	0.468
Estación Aguaytía	0.901	37	0.003
Estación Meteorológica Agrícola de la Universidad Nacional de Ucayali[8]	0.983	37	0.841

Los resultados de las pruebas demuestran que los datos de las 4 estaciones meteorológicas presentan una distribución normal, a excepción de la estación Aguaytia que presenta un resultado por debajo del p_valor esperado (0.05).

Para el análisis de tendencias se utilizó el software TREND quien está diseñado para facilitar pruebas estadísticas para la tendencia, el cambio y la aleatoriedad en series de tiempo.

Prueba de Mann-Kendal para tendencia

Para el estudio se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Kendall, dónde se asume que no existe una tendencia monotónica (hipótesis nula, Ho) en los conjuntos de datos que se utilizarán y la rechaza antes de realizar la aceptación de la hipótesis alternativa que establece que existe una tendencia monotónica. Esta tendencia puede ser ascendente o descendente lo que indicará un aumento o disminución monótona de la variable que se busca una tendencia.

[7] Es el valor de la significancia estadística propuesta

[8] La Estación de la Universidad Nacional de Ucayali, se toma como testigo de las demás estaciones, por presentar registros más antiguos en la región de Ucayali.

Para la serie de tiempo a utilizar el estadístico S de la prueba Mann-Kendall se calculará de la siguiente manera:

Ecuación 3. Estadístico S de Mann-Kendall

$$S = \sum_{i=1}^{n=1} \sum_{j=i+1}^{n} sign\ (x_j - x_i$$

Donde:

Ecuación 4. Determinar el Sign

$$sign\ (x_j - x_i = \begin{cases} 1+, if\ x_j -> 0 \\ 0, if\ x_j - x_i = 0 \\ -1, if\ x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

Mientras que n es la longitud de la serie temporal (número de años), mientras que la varianza de S, se puede calcular de la siguiente manera.

Ecuación 5. Cálculo de la varianza

$$var\ (\mathrm{S}) = \frac{1}{18}[n\ (n-1)(2n+5) - \sum_t f_t(f_t-1)(2f_t+5)[+ \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \cdots$$

Donde, t varía sobre un conjunto de rangos emparejados y ft es la ocurrencia de frecuencia del rango t. El estadístico de prueba Z se calculará usando S y var (S) de la siguiente manera:

Ecuación 6. Cálculo de la prueba Z

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{var(S)}}, if\ S > 0 \\ 0\ if\ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{var\ (S)}}, if\ S > 0 \end{cases}$$

En este apartado, el valor de Z es el estadístico de prueba de Mann-Kendall el que sigue una distribución normal estándar con media 0 varianza 1 con intervalos de confianza de 90, 95 y 99% (p <.10, p<.05 y p <.01, respectivamente) para poder clasificar la importancia de las tendencias positivas y negativas de temperatura y precipitación. Para la presente investigación se utilizó un nivel de confianza del 95%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de temperatura y precipitación

Para realizar el análisis de la tendencia espacio temporal de las variables de temperatura y precipitación se utilizaron los registros de temperatura máxima, media y mínima; así como los registros de precipitación de la estación meteorológica de la UNU.

4.1.1. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de Temperatura

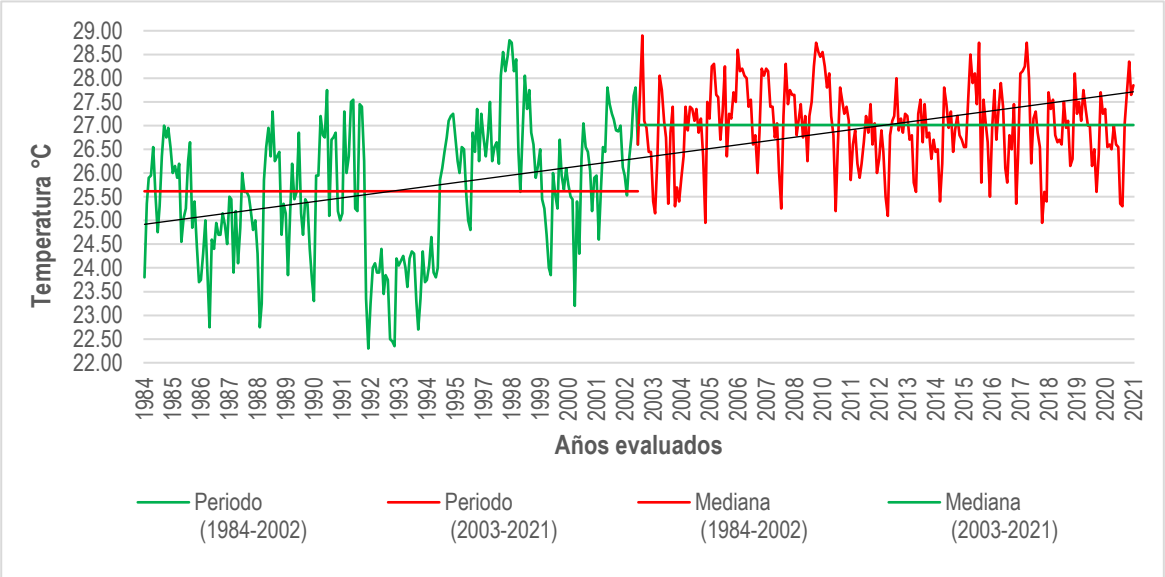
Tabla 8. *Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación UNU.*

Prueba Estadística	z-Statistic	a=0.05	Resultado	Tipo Prueba	Análisis	Interpretación
Mann-Kendall	10.743	1.96	S (0.01)	No Paramétrico	Tendencias	SI presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	119	29.042	S (0.01)	No Paramétrico	Saltos	SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	-11.368	1.96	S (0.01)	No Paramétrico		SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

En la tabla 8 se observa que, para el Test de Mann Kendall, la T° Media Anual de la Estación UNU, muestran una tendencia estadísticamente significativa (a < 0,05). Con Tendencia creciente. Asimismo, la prueba de CUSUM y RANK SUM, nuestra que los datos presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05). En donde los datos de los últimos años son más altos que los de los años anteriores, en donde

la mediana de 1984-2002 y de 2003-2021 es significativamente diferente (en un <0,01). Mediana de 2003-2021 < 1984-2002

Figura 3. *Comportamiento de la Temperatura media de la Estación UNU.*



Las variaciones encontradas en el estudio guardan similitud con el comportamiento de las variables de temperaturas evaluadas por Aucahuasi (2019) en su estudio análisis de tendencias de precipitación y Temperatura (1970–2017) en la ciudad de Puerto Maldonado, Perú, donde las temperaturas muestran una tendencia significativa creciente

4.1.2. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de la Precipitación

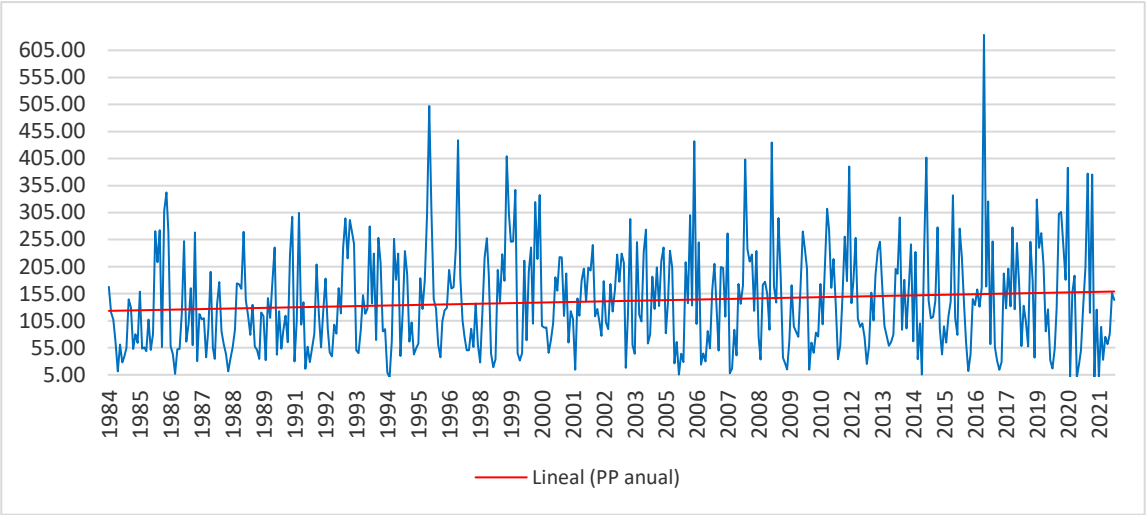
Tabla 9. *Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación UNU.*

Pruebas Estadísticas	z-statistic	a=0.05	Resultados	Tipo Prueba	Prueba	Interpretación
Mann-Kendall	2.178	1.96	S (0.05)	No Paramétrico	**Tendencias**	SI presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	40	29.042	S (0.05)	No Paramétrico	**Saltos**	SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	-1.479	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico		NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

En la tabla 9 se observa que, para el Test de Mann Kendall, la Precipitación Media Anual de la Estación UNU, SI presenta tendencia estadísticamente significativa (a <

0,05) con tendencia creciente; asimismo para la prueba de CUSUM los datos SI presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05).

Figura 4. *Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación UNU.*

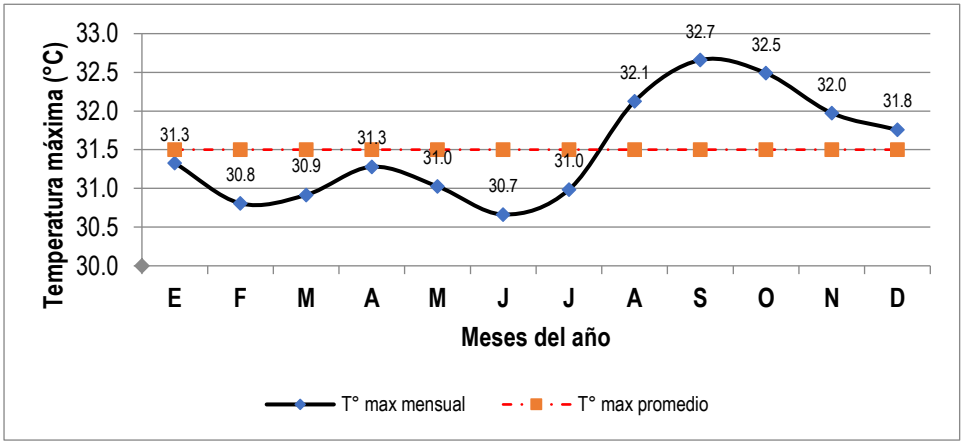


4.2. Análisis de las Temperatura Máxima, Media y Mínima en el departamento de Ucayali.

Para describir los resultados de la temperatura máxima y mínima se realizó con los valores obtenidos de la Estación Meteorológica Agrícola de la Universidad Nacional de Ucayali y para los resultados de la temperatura media se reanalizó en conjunto con las 4 estaciones del Senamhi.

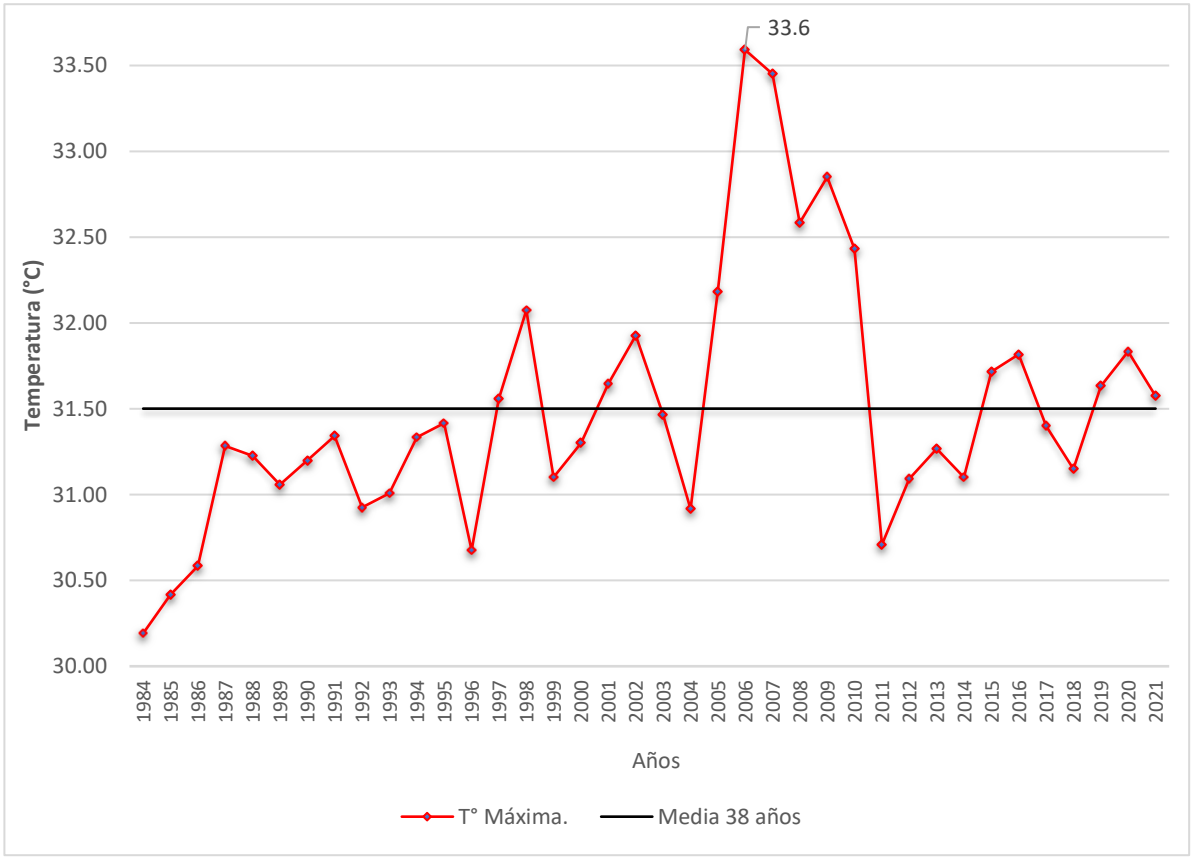
4.2.1. Comportamiento histórico de la temperatura Máxima en el departamento de Ucayali.

Figura 5. *Comportamiento mensual histórico de la Temperatura máxima evaluada.*



En la Figura 5, se muestra que la temperatura máxima promedio en un año durante el periodo 1984 – 2021 (38 años) fue de 31.3 C° y en ese sentido se observa que los meses con temperatura máxima por debajo del promedio son desde enero hasta julio y los meses que está por encima del promedio son de agosto hasta diciembre, siendo el mes de setiembre el más cálido con 32.7 °C.

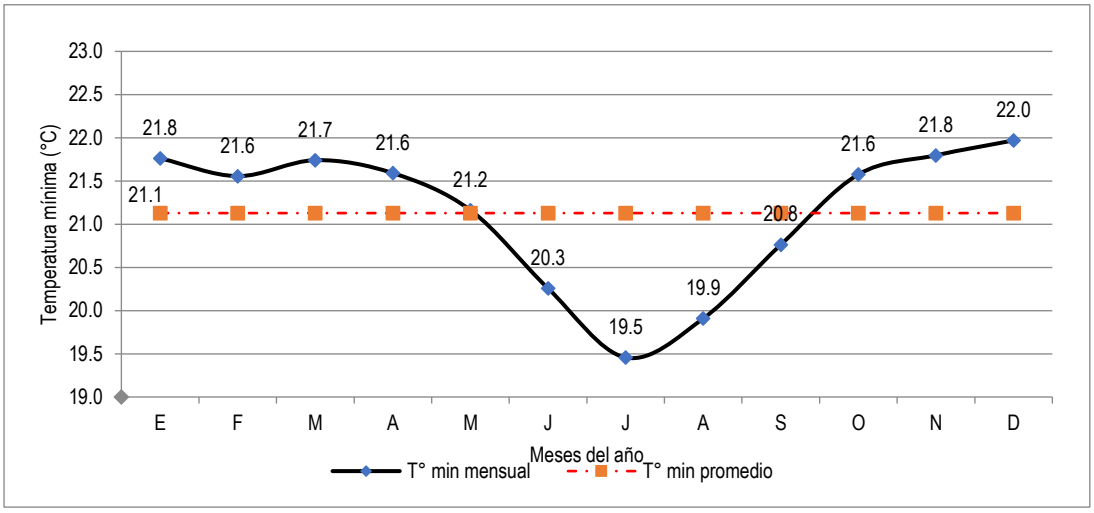
Figura 6. *Comportamiento histórico anual de la Temperatura máxima evaluada.*



En el gráfico se puede observar que la temperatura máxima registrada (33.6 °C) fue en el año 2006 durante el periodo 1984 – 2021 (38 años).

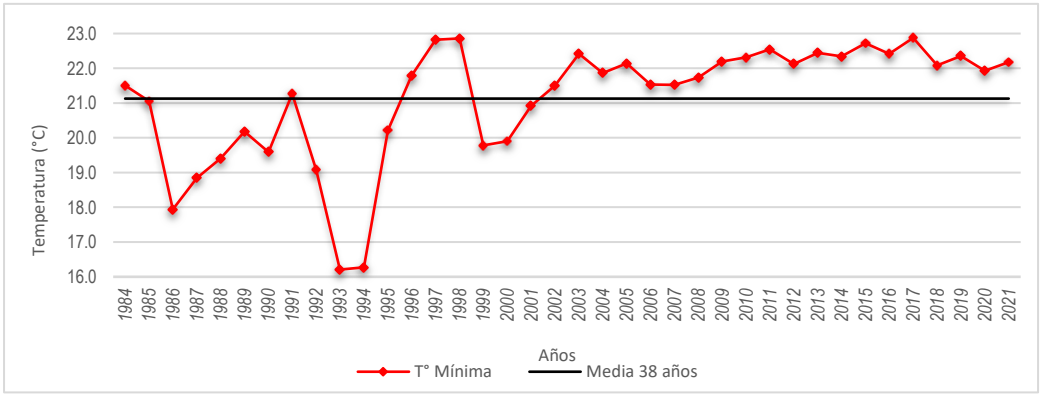
4.2.2. Comportamiento histórico de la temperatura Mínima en el departamento de Ucayali.

Figura 7. *Comportamiento mensual histórico de la Temperatura mínima evaluada*



Con respecto a la temperatura mínima se observa que los meses de descensos de temperatura por debajo del promedio (21.1 °C) fueron los meses de junio a Setiembre.

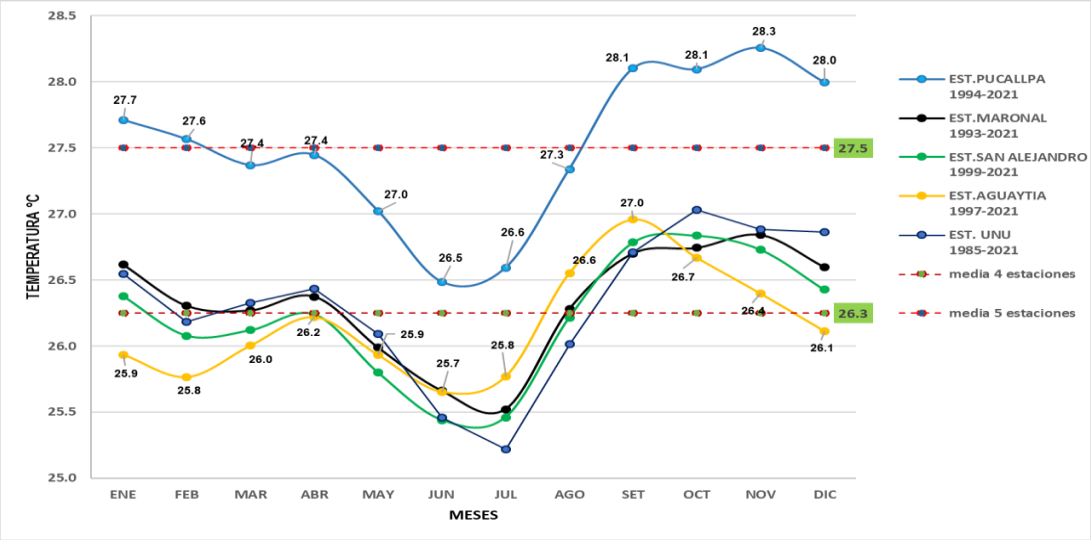
Figura 8. *Comportamiento histórico anual de la Temperatura mínima evaluada.*



En el gráfico se puede observar que desde el año 2002 al 2021, las medias anuales de temperaturas mínimas están por encima del promedio (21.1 °C), este escenario nos muestra que las temperaturas medias se irán incrementándose en el tiempo, es especial para la ciudad de Pucallpa.

4.2.3. Comportamiento histórico de la temperatura Media mensual y anual en el departamento de Ucayali.

Figura 9. *Comportamiento mensual histórico de la Temperatura media anual por meses de las estaciones evaluadas.*



En la figura 9 se observa que los datos de la temperatura media anual por meses en la estación Pucallpa es de 27.5 °C, es mayor al promedio de la temperatura media anual por meses de las demás estaciones evaluadas, que registran un 26.3°C. este último resultado presenta una ligera aproximación con los datos que registran Meteoblue[9] (servicio meteorológico creado en la Universidad de Basilea, Suiza, en cooperación con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos y los Centros Nacionales de Predicción Ambiental); en donde ellos registran una la temperatura media de 26.5°C para la región Ucayali en el 2021.

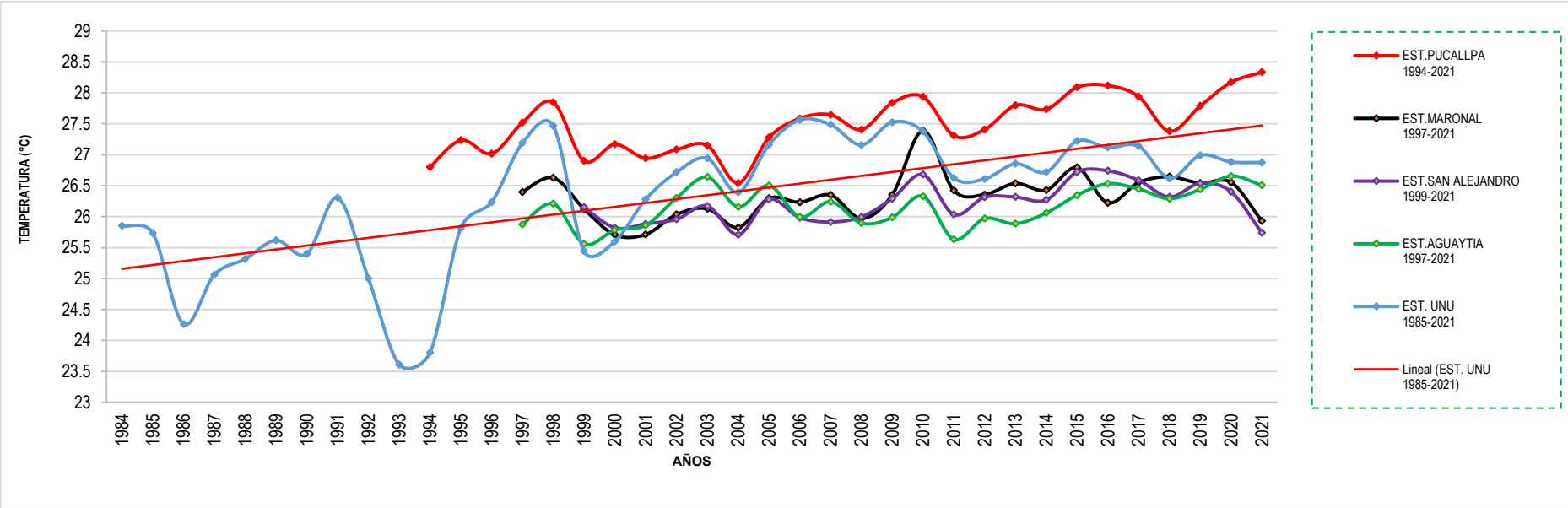
La región Ucayali tiene una extensión territorial de 102,199 km²,y solo cuenta con 7 estaciones meteorológicas activas y operadas por el Senamhi y ubicadas en su mayoría en las zonas urbanas de la provincia de Padre Abad y parte de la provincia de Coronel Portillo; mientras que la Región San Martín con una extensión territorial de 51 253,31 km2 (50% menos que el territorio de Ucayali) cuenta con 29 estaciones meteorológicas ;

[9] https://www.meteoblue.com/es/climate-change/pucallpa_per%c3%ba_3693345

y la región Tumbes con 4 mil km2, tiene 9 estaciones Meteorológicas; las escasas estaciones meteorológicas que cuenta la región de Ucayali dificulta determinar con mayor precisión que si los cambios en las medias de temperaturas registradas son para todo el territorio, según el informe del PLAN AMBIENTAL DETALLADO (PAD), 2023, ejecutado por la empresa LQA Consultoría y Proyectos Ambientales S.A.C para la ZONA DE CONCESIÓN ATALAYA Y SERVICIO ELÉCTRICO RURAL MALDONADILLO a cargo de la Empresa Electro Ucayali menciona que la temperatura media que se registra el ámbito de atalaya, alcanza los 26.2 °C, este dato de temperatura media difiere en un 0.1 °C con lo registrado en las estaciones Maronal, Aguaytía y San Alejandro, sin embargo comparado con la media registrada por la Estación Pucallpa, ésta es mucho menor en 1.3 °C, se explica que la estación Pucallpa se encuentra ubicada en media de la ciudad de Pucallpa, y en ella se da un efecto de isla calórica[10]; Orosco (2020) en su tesis titulada "Análisis multianual del fenómeno de islas de calor con sensores remotos y estaciones climáticas en Bogotá, Colombia", afirma que las isla de calor superficial de la ciudad de Bogotá se extiende 2 kilómetros más allá del límite urbano, y que las temperaturas reportadas por estaciones meteorológicas dentro de la ciudad son 0.7°C más elevadas que las temperaturas registradas por estaciones meteorológicas rurales; este hecho tiene similitud con las diferencias de las temperaturas medias registradas en la estación Pucallpa con las demás estaciones. Mahowald, N. M et al (2017) menciona que la deforestación en bosque tropicales tiene como resultado no solo la liberación de dióxido de carbono, sino también de metano y óxido nitroso, por lo cual conlleva a elevar las temperaturas; MAAP (2022), señala que la Amazonía peruana perdió 144,682 hectáreas de bosque primario debido a la deforestación, concentrándose en la zona central y sur (regiones de Ucayali y Madre de Dios, respectivamente) y este aumentó un 6,7% con respecto a 2021 y fue la quinta más alta registrada.

[10] Fenómeno que se produce en aquellas zonas urbanas que experimentan temperaturas más altas que las zonas circundantes debido a la actividad humana.

Figura 10. *Comportamiento histórico anual de la Temperatura media evaluada en todas las estaciones.*



En la figura 10 se observa que las temperaturas medias anuales en todas las estaciones evaluadas presentan una tendencia de crecimiento en el periodo evaluado; este hecho confirmaría, las predicciones realizadas por Moya, Ortega y Jurado (2015), quienes en su estudio MIROC5 Global Climate Model evaluation, temperature estimations and precipitations for Peru's Southern and northern, estimaron incremento de 1.16°C de temperaturas para la ciudad Pucallpa hacia 2030, para un escenario RCP 8.5. (**trayectoria de concentración representativa**; **RCP**, por sus siglas en inglés).

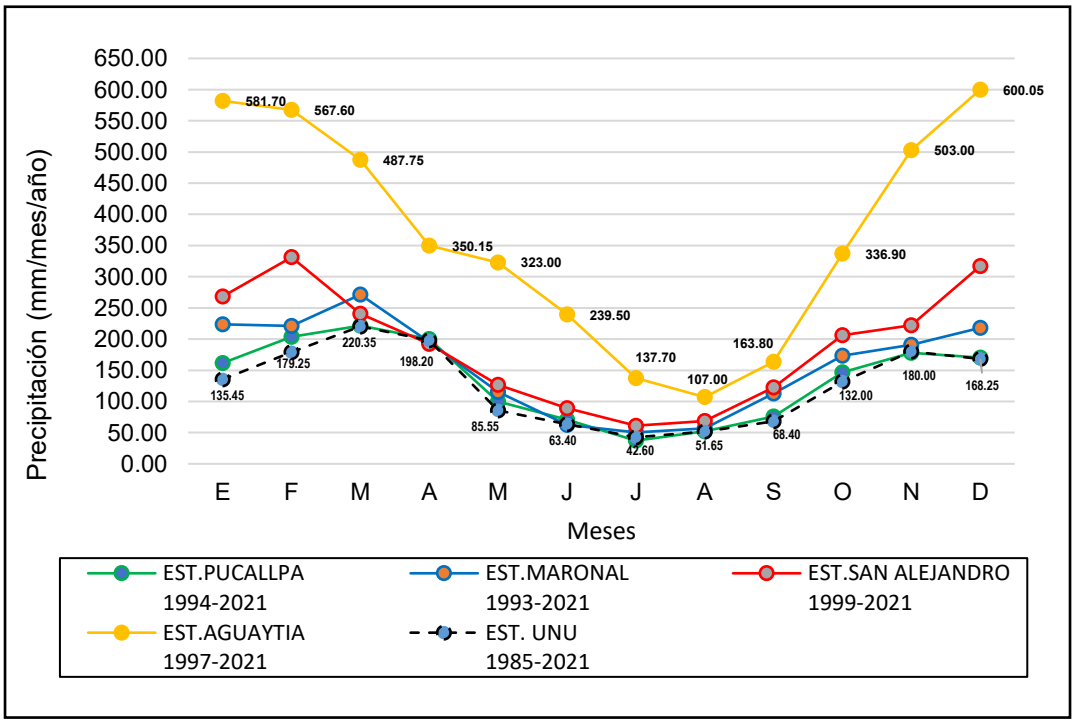
Mahowald, N. M et al (2017) afirma que la a deforestación tropical, al ritmo actual, podría causar un aumento de 1,5° C en la temperatura mundial para el 2100. El PNCBMCC (2021) señala que durante el periodo 2001-2021, la pérdida promedio de bosque húmedo amazónico fue de 132 122 ha y que el área total de bosque primario húmedo en Ucayali disminuyó en 5.4% en este periodo de tiempo. Por todo lo señalado anteriormente se afirma que la temperatura en la región Ucayali está en aumento y que para el 2030 estaría sobrepasando la media en 1.16 °C., ya que la deforestación sigue en aumento.

4.3. Análisis de la Precipitación

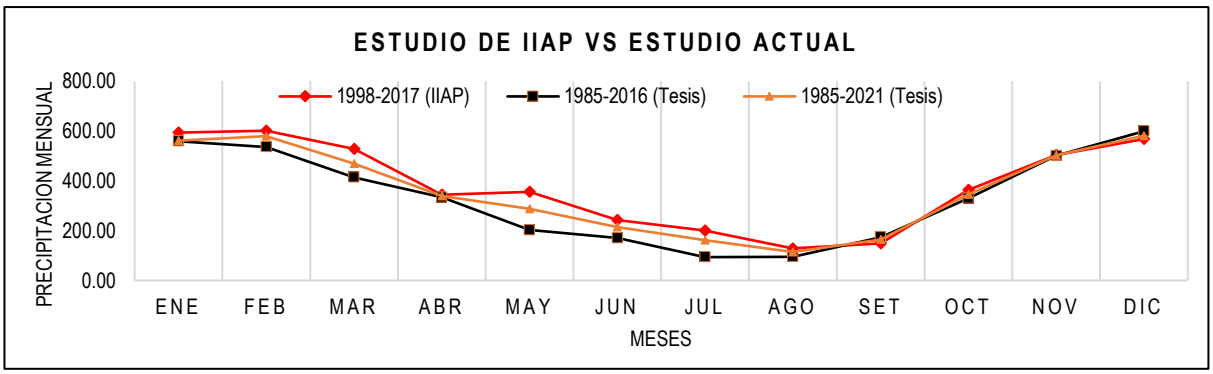
4.3.1. Variación de la Precipitación anual por meses.

En la figura 11 se observa que las mayores precipitaciones en el periodo (1984-2021) de 38 años estudiados, se registraron en los meses de febrero hasta abril, siendo el mes de marzo el más alto con 220.35 mm; por otra parte, el periodo más seco se registra en los meses de junio hasta agosto, siendo el mes de julio el más seco con 42.60 mm.

Figura 11. Comportamiento de la precipitación mensual en un periodo de 38 años.

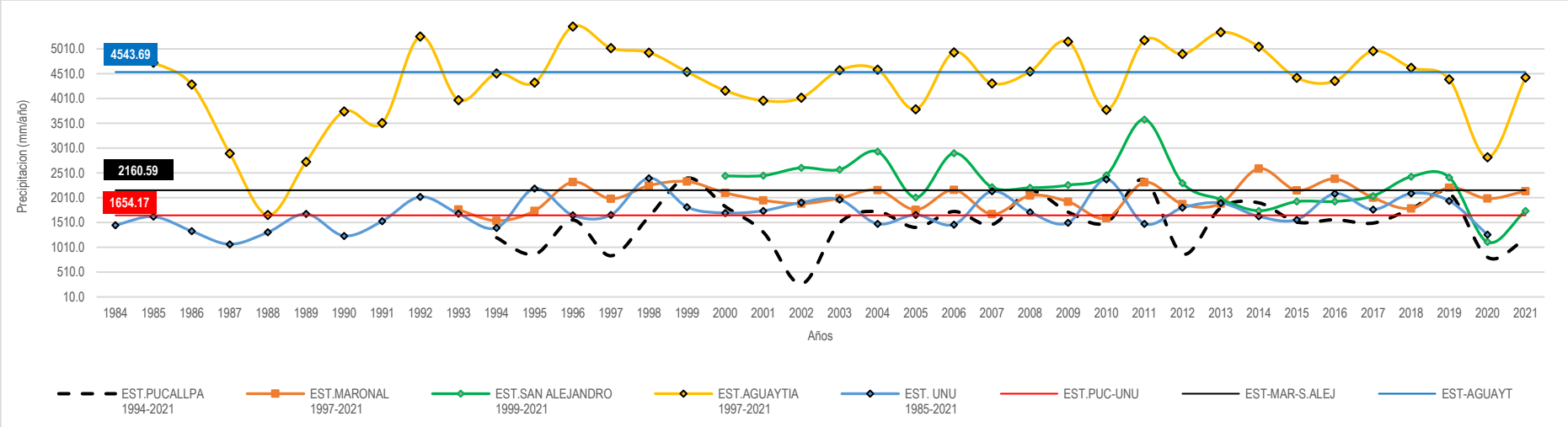


La selva peruana se divide en dos tipos de acuerdo con su altitud y esta son: Selva Alta situada entre los 500 a 2000 msnm y se caracteriza por sus hermosos paisajes de selva montañosa y por ser la zona más lluviosa del país, las precipitaciones oscilan entre 2600 mm a 4000 mm, con máximas superiores a 8000 mm/año; y la Selva baja situada por debajo de los 500 msnm con clima caluroso y la precipitación media anual es superior a 1000 mm (Brack, (2005). Esta característica se observa en las diferencias de los volúmenes de precipitaciones de la estación Aguaytía que se encuentra ubicado en el distrito de Padre Abad debido a que gran parte de su territorio se extiende desde el flanco oriental de la cordillera de los andes cercana a la zona de selva alta, mientras que las otras estaciones se ubican en el valle amazónico (Selva baja); según el estudio del IAAP (2017) denominado "Evaluación de la capacidad adaptativa de la población frente a los riesgos naturales y antrópicos del distrito de padre abad, departamento de Ucayali", señala que la precipitación registradas por la estación Aguaytía para la zona de Padre Abad varía entre 137.6 y 663.9 mm, mientras que en la evaluación realizada en el presente estudio tomando los datos de la misma estación Aguaytía se registra variaciones entre 107.0 y 600.05 mm, estos valores son menores a los registrados por el IIAP, sin embargo es preciso señalar que el IIAP tomo datos de un intervalo de tiempo de 20 años (1998-2017), mientras que el presente estudio tomó datos de un intervalo de tiempo de 36 años (1985-2021); en la figura anterior se observa que la media mensual de la precipitaciones en el periodo 1998-2017 del IIAP son mayores al periodo 1985-2016 en los meses de enero a agosto, y de igual manera son mayores al periodo total evaluado (1985-2021).



4.3.2. Variación anual de la Precipitación pluvial según las estaciones.

Figura 12. *Comportamiento histórico anual de la Precipitación media evaluada en todas las estaciones.*



En la figura 12 se observa que los datos promedios de precipitación anual de las estaciones Pucallpa, San Alejandro, El Maronal y a UNU, presentan comportamientos similares en el tiempo evaluado, mientras que los datos de precipitación mensual diaria de la estación Aguaytía, los datos son mayores y el comportamiento presenta una ligero crecimiento, esto se debe que gran parte de la zona de Aguaytía se encuentra flanco oriental de la cordillera de los andes cercana a la zona de selva alta; por consiguiente se afirma que los volúmenes de precipitación han aumentado en los últimos 20 años , superando la media anual de 4543.69 mm/año para la zona de Padre Abad.

4.4. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de Temperatura y Precipitación pluvial en el departamento de Ucayali (Promedio).

4.4.1. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de Temperatura (promedio)

Para las 5 estaciones evaluadas se tienen los siguientes resultados con respecto a las pruebas de normalidad (Tabla N°10).

Tabla 10. *Pruebas de normalidad de T° media de la Estación Aguaytía.*

Estaciones Evaluadas	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Estadístico	gl	Sig.
T° Media Anual de la Estación Aguaytía	0.026	300	.200*
T° Media Anual de la Estación Pucallpa	0.051	336	0.038
T° Media Anual de la Estación Maronal	0.066	288	0.004
T° Media Anual de la Estación San Alejandro	0.033	264	.200*
T° Media Anual de la Estación UNU	0.097	456	0.000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Debido a que los datos evaluados por cada estación son mayores a 50; para ello se ha empleado el estadístico de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la distribución de los datos (Pruebas de Normalidad), en consecuencia se obtuvo que las estaciones de Aguaytía y San Alejandro presenta una distribución normal en sus datos, y por lo tanto se pueden emplear análisis estadísticos con pruebas paramétricas, por el contrario las Estaciones Pucallpa y Maronal no presentaron un distribución normal de sus datos, en consecuencia se emplearon pruebas paramétricas para el análisis estadísticos respectivo.

En las siguientes tablas se describe los datos de temperatura que presenta tendencias crecientes y saltos en el tiempo[11], empleando pruebas paramétricas y no paramétricas.

[11] Diferencias de las medias en una sucesión de observaciones de una variable realizadas a intervalos regulares de tiempo

Tabla 11. *Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación Aguaytía.*

Prueba Estadística	z-statistic	a=0.05	Resultado	Tipo Prueba	Análisis	Interpretación
Linear regression	4.51	1.976	S (0.05)	Paramétrico	**Tendencia**	SI presenta tendencia para el Test de Regresión Lineal
Cumulative desviation	2.583	1.306	S (0.05)	Paramétrico	**Saltos**	SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cumulative desviation

Para el Test Regresión Lineal para la T° Media Anual de la Estación Aguaytía, se observa que los datos muestran una tendencia estadísticamente significativa (alfa < 0,05). Con Tendencia creciente; asimismo la evaluación de la desviación acumulada demuestra que los datos muestran un salto de paso estadísticamente significativo (a < 0,05). En donde la media de 1997-2015 es menor que 2016-2021.

Figura 13. *Comportamiento de la Temperatura media de la Estación Aguaytía.*

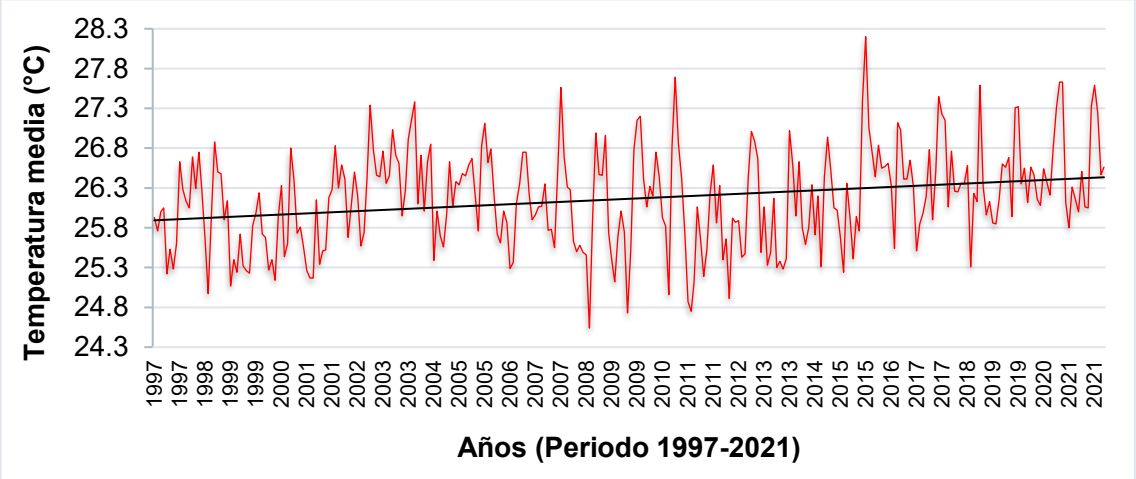


Tabla 12. *Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación Pucallpa.*

Prueba Estadística	z-Statistic	a=0.05	Resultado	Tipo Prueba	Análisis	Interpretación
Mann-Kendall	7.389	1.96	S (0.05)	No Paramétrico	**Tendencias**	SI presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	63	24.929	S (0.05)	No Paramétrico	**Saltos**	SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	-6.621	1.96	S (0.05)	No Paramétrico		SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

En la tabla 12 se observa que, para el Test de Mann Kendall, la T° Media Anual de la Estación Pucallpa, muestran una tendencia estadísticamente significativa (alfa<0,05); con tendencia creciente. Asimismo, la prueba de CUSUM y RANK SUM, muestra que los datos presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,01); demostrando que los datos de los últimos años son más altos que los datos de los años anteriores, en donde la mediana de 1994-2007 y de 2008-2021, es significativamente diferente (en un <0,05). Mediana de 2008-2021 > 1994-2007.

Figura 14. *Comportamiento de la Temperatura media de la Estación Pucallpa.*

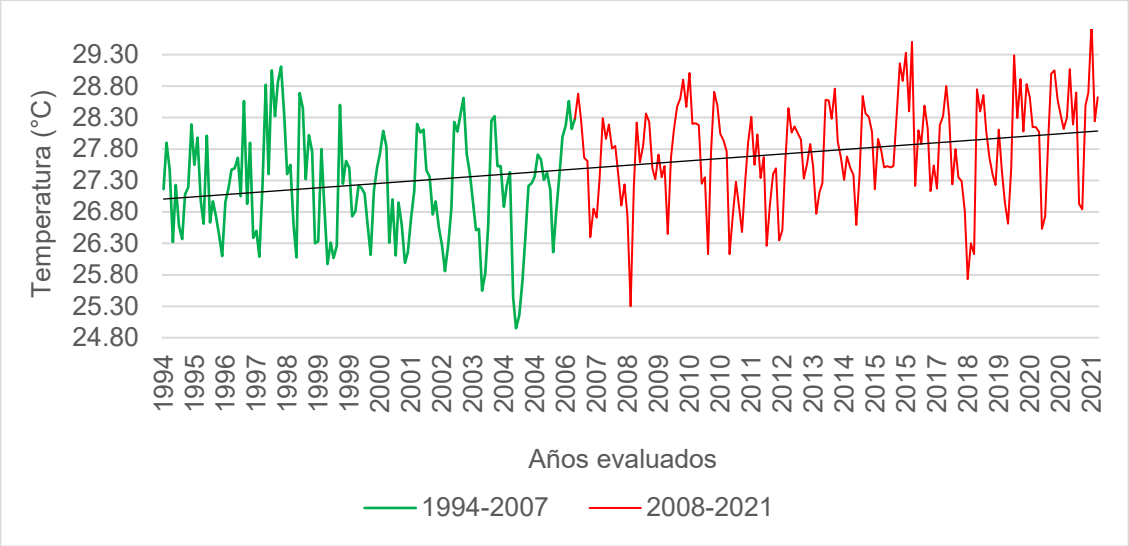


Tabla 13. *Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación Maronal.*

Prueba Estadística	z- statistic	a=0.05	Resultado	Tipo Prueba	Análisis	Interpretación
Mann-Kendall	2.654	1.96	S (0.05)	No Paramétrico	**Tendencias**	SI presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	26	23.08	S (0.05)	No Paramétrico	**Saltos**	SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	-3.939	1.96	S (0.05)	No Paramétrico		SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

En la tabla 13 se observa que, para el Test de Mann Kendall, la T° Media Anual de la Estación Maronal, muestran una tendencia estadísticamente significativa (a < 0,05). Con Tendencia creciente. Asimismo, la prueba de CUSUM y RANK SUM nuestra que los

datos presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05). En donde los datos de los últimos años son más altos que los de los años anteriores.

La mediana de 1998-2009 y de 2010-2021 es significativamente diferente (<0,01). Mediana de 2010-2021 < 1998-2009

Figura 15. *Comportamiento de la Temperatura media de la Estación Maronal.*

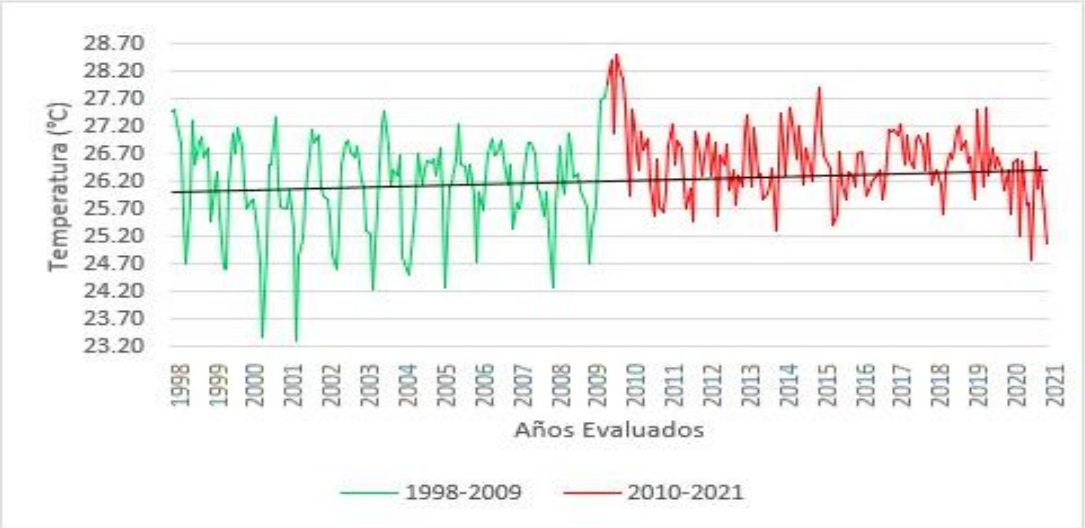
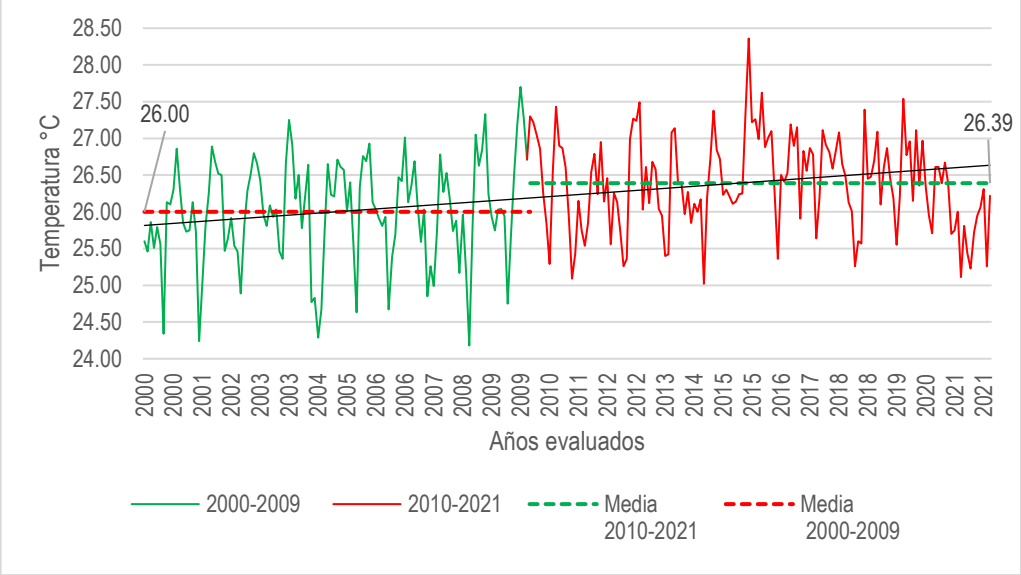


Tabla 14. *Resultados del software Trend para la temperatura media de la Estación San Alejandro.*

Prueba Estadística	z-statistic	a=0.05	Resultado	Tipo Prueba	Análisis	Interpretación
Linear regression	4.289	1.977	S (0.05)	Paramétrico	Tendencia	SI presenta tendencia para el Test de Linear regresión
Cumulative deviation	2.664	1.303	S (0.05)	Paramétrico	Salto	SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de deviación Acumulativa

Para el Test Regresión Lineal para la T° Media Anual de la Estación San Alejandro, se observa que, los datos muestran una tendencia estadísticamente significativa (a < 0,05), con Tendencia creciente; asimismo, la evaluación de la Desviación Acumulada reporta que, los datos muestran un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05); en donde la media de 2000-2009 es menor que la de 2009-2021.

Figura 16. *Comportamiento de la Temperatura media de la Estación San Alejandro.*



4.4.2. Análisis de la tendencia espaciotemporal de las variables de la Precipitación (promedio)

Para las 5 estaciones evaluadas se tienen los siguientes resultados con respecto a las pruebas de normalidad (Tabla 15).

Tabla 15. *Pruebas de normalidad de las precipitaciones mensual/anual de las estaciones evaluadas.*

Estaciones Evaluadas	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Estadístico	gl	Sig.
Precipitación mensual de la Estación Aguaytía	0.055	444	0.002
Precipitación mensual de la Estación Pucallpa	0.071	324	0.000
Precipitación mensual de la Estación Maronal	0.068	336	0.001
Precipitación mensual de la Estación San Alejandro	0.114	269	0.000
Precipitación mensual de la Estación UNU	0.083	456	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Debido a que los datos evaluados por cada estación son mayores a 50; para ello se ha empleado el estadístico de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la distribución de los datos (Pruebas de Normalidad), en consecuencia, se obtuvo que todas las estaciones

evaluadas no presentaron una distribución normal de sus datos, en consecuencia, se emplearon pruebas paramétricas para el análisis estadístico respectivo.

En las siguientes tablas se describe los datos de la precipitación mensual/anual que presenta tendencias crecientes y saltos en el tiempo, empleando pruebas no paramétricas.

Tabla 16. *Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación Aguaytía.*

Pruebas Estadísticas	z-Statistic	a=0.05	Resultados	Tipo Prueba	Prueba	Interpretación
Mann-Kendall	2.193	1.96	S (0.05)	No Paramétrico	**Tendencias**	SI presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	27	28.657	NS (0.05)	No Paramétrico	**Saltos**	NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	-1.813	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico		NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

En la tabla 16 se observa que, para el Test (prueba) de Mann Kendall, la Precipitación Media Anual de la Estación Aguaytía, muestran una tendencia estadísticamente significativa (a < 0,05). Con Tendencia creciente. Sin embargo, para la prueba de CUSUM y RANK SUM los datos NO presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05).

Figura 17. *Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación Aguaytía.*

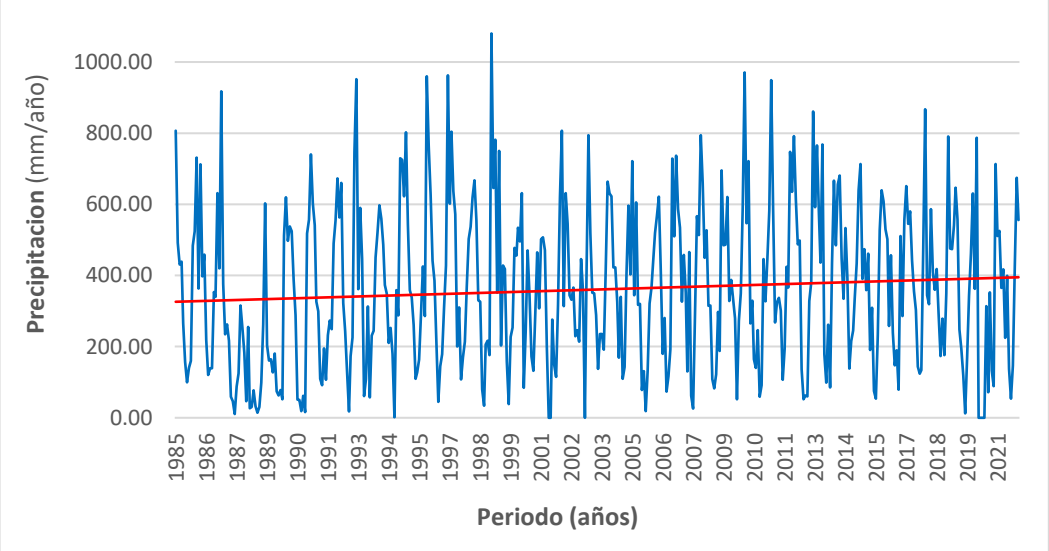


Tabla 17. *Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación Pucallpa.*

Pruebas Estadísticas	z- statistic	a=0.05	Resultados	Tipo Prueba	Prueba	Interpretación
Mann-Kendall	-0.069	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico	**Tendencias**	NO presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	12	24.48	NS (0.05)	No Paramétrico	**Saltos**	NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	0.258	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico		NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

En la tabla 17 se observa que, para el Test de Mann Kendall, la Precipitación Media Anual de la Estación Pucallpa, No presenta tendencia estadísticamente significativa (a < 0,05); asimismo para la prueba de CUSUM y RANK SUM los datos NO presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05).

Figura 18. *Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación Pucallpa.*

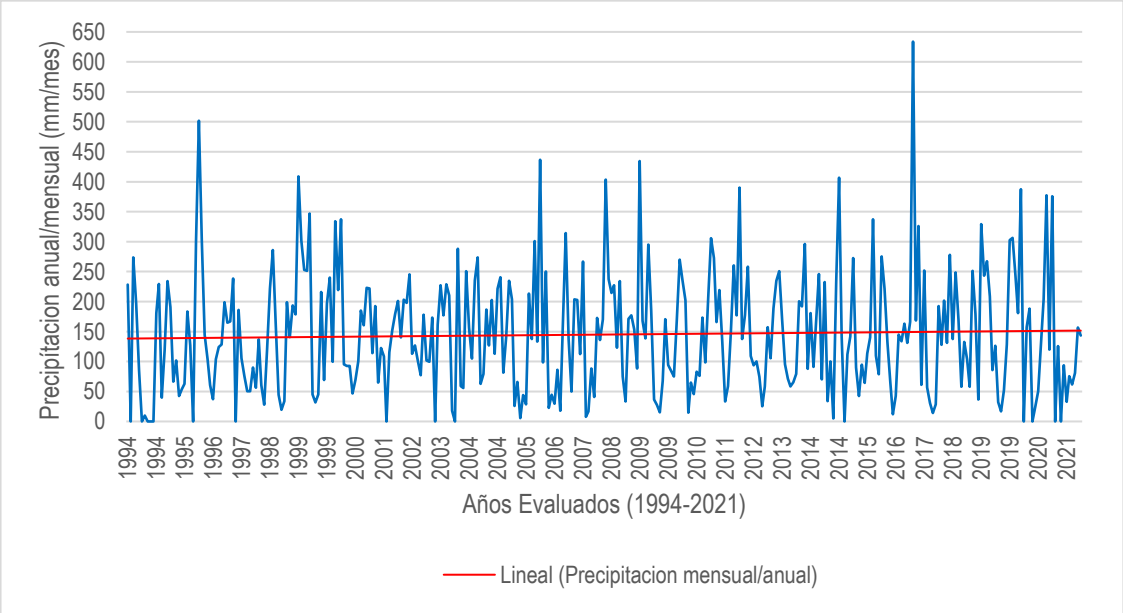


Tabla 18. *Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación Maronal.*

Prueba Estadística	z-statistic	a=0.05	Resultados	Tipo Prueba	Prueba	Interpretación
Mann-Kendall	-0.32	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico	**Tendencias**	NO presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	14	24.929	NS (0.05)	No Paramétrico	**Saltos**	NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	0.218	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico		NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

En la tabla 18 se observa que, para el Test de Mann Kendall, la Precipitación Media Anual de la Estación Maronal, No presenta tendencia estadísticamente significativa (a < 0,05); asimismo para la prueba de CUSUM y RANK SUM los datos NO presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05).

Figura 19. *Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación Maronal.*

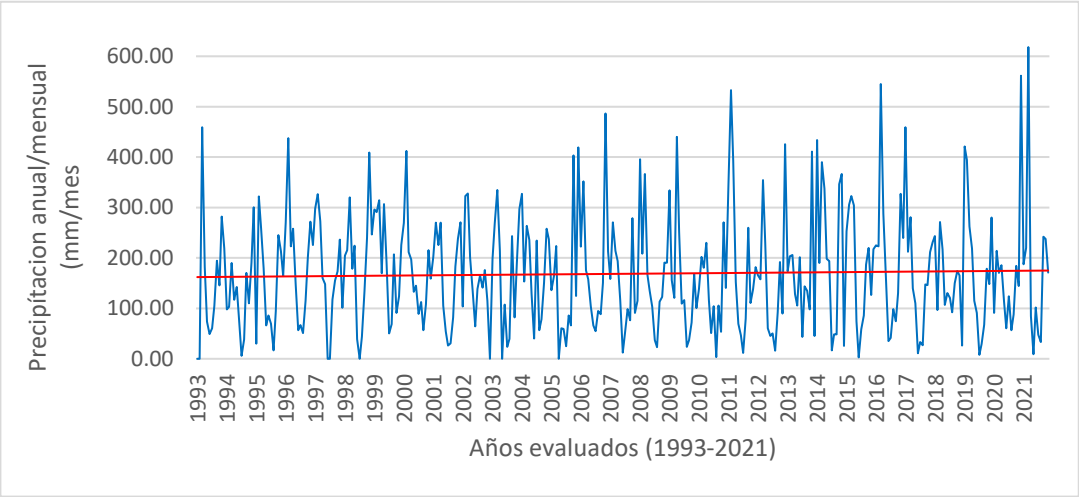
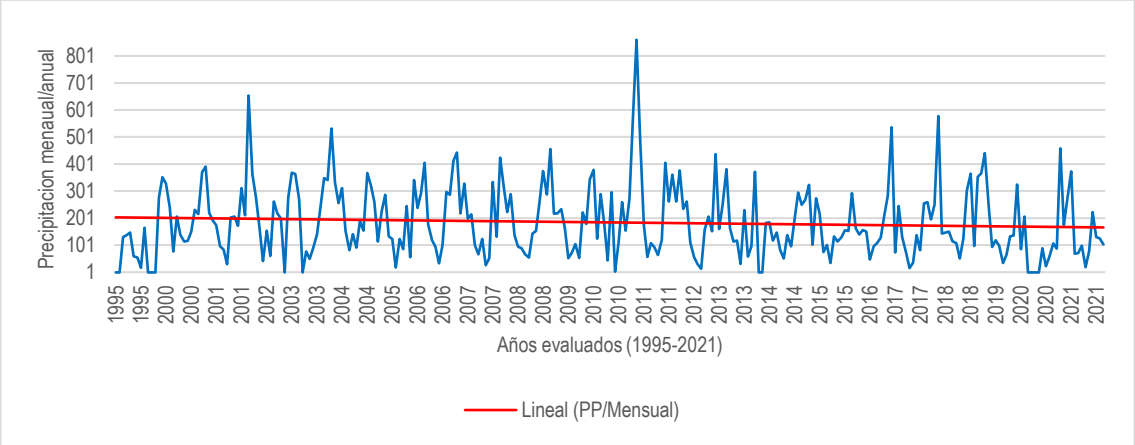


Tabla 19. *Resultados del software Trend para la precipitación mensual/anual de la Estación San Alejandro.*

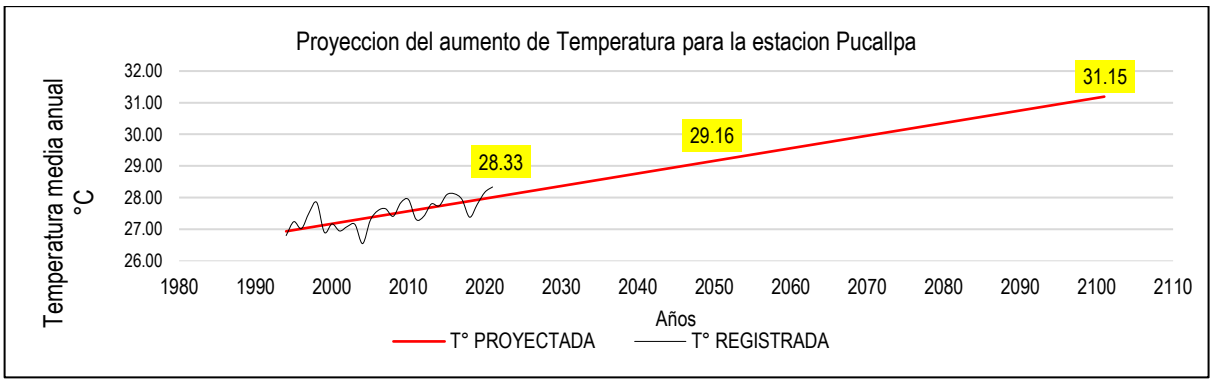
Test statistic	z-statistic	a=0.05	Resultados	Tipo Prueba	Prueba	Interpretacion
Mann-Kendall	-1.74	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico	**Tendencias**	NO presenta tendencia para el Test de Mann-Kendall
Cusum	22	22.594	NS (0.05)	No Paramétrico	**Saltos**	SI presenta Saltos en el tiempo para el Test de Cusum
Rank Sum	1.575	1.96	NS (0.05)	No Paramétrico		NO presenta Saltos en el tiempo para el Test de Rank Sum

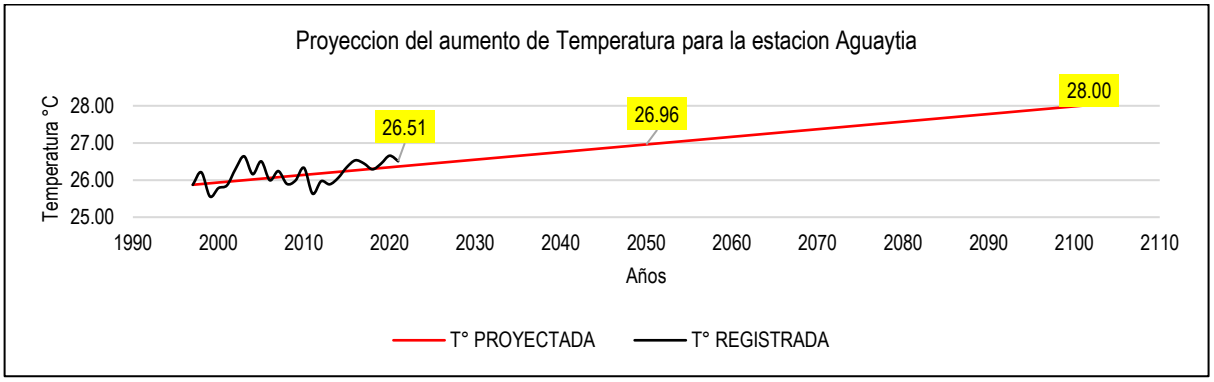
En la tabla 19 se observa que, para el Test de Mann Kendall, la Precipitación Media Anual de la Estación San Alejandro, No presenta tendencia estadísticamente significativa (a < 0,05); asimismo para la prueba de CUSUM y RANK SUM los datos NO presentan un salto de paso estadísticamente significativo (a <0,05).

Figura 20. *Comportamiento de la precipitación mensual/anual de la Estación San Alejandro.*



Estimación de la temperatura media anual para los años 50 y 100 en Ucayali





Con los resultados de las tendencias y saltos en el tiempo se observa que las temperaturas en la región de Ucayali están registrando un aumento significativo y se estima que el incremento de la temperatura media anual para la estación Pucallpa para el año 2050 alcanzaría los 29.16 °C aumentando en 0.83 °C y para en el año 2010 alcanzaría los 31.15 °C, incrementándose en 8.82 °C, mientras que para la estación de Aguaytía para el año 2050 alcanzaría los 26.96 °C aumentando en 0.45 °C y para en el año 2010 alcanzaría los 28.00 °C, incrementándose en 1.49 °C; este escenario no es ajeno lo señalado por la Organización Meteorológica Mundial (2023) en la que señala que el año 2023 fue en año más cálido registrado con una temperatura media global cercana a la superficie de 1,45 °C por encima de los niveles preindustriales (1850-1900) superando a los años 2019 y 2016 y que esa tendencia se ha intensificado a partir del año 2015. Estos escenarios de cambio climático impactan directamente en los ecosistemas afectándose sus entra e interrelaciones ecológicas y durante el periodo 2015-2019 más del 90 % del desastre ocurridos en el mundo fueron por tormentas e inundaciones ocasionando cuantiosas pérdidas económicas, que afectaron directamente el sector agrícola. Estos desastres ocurridos afectan directamente a las poblaciones vulnerables (personas de bajos recursos económicos, ancianos y niños), los cuales se encuentran en países o regiones menos protegidos (OMS 2019); y enfocándose en la región Ucayali, Guadalupe (2014) afirman la variación de la precipitación total mensual ha genrado inundaciones en los meses de diciembre a marzo provocando que el consumo de yuca disminuye de 84.2% a 73.7%, plátano de 86.8% a un 73.7%, pescado de 79.6% a 63.2%, arroz de 55.3% a un 38.3% y aves de corral de 17.1 a 7.2%, afectando la economía del agricultor ucayalino, así como lo alimentación de los mimos

Se conoce que el aumento de temperatura tiene un efecto directamente proporcional con el incremento de niveles de precipitación, a medida que en un territorio aumente su temperatura ambiental puede producir con mayor frecuencias lluvia por convección; estas lluvias se originan cuando una masa de aire que está a una temperatura mayor se

encuentra con un afluente de agua como puede ser un río. Hace que este encuentro cuyas temperaturas son diferentes, se forme una nube que se satura rápidamente el vapor de agua y produce fuertes lluvias torrenciales; conociendo el probable incremento significativo de temperatura para mediados del siglo XXI e inicios del Siglo XXII; conllevaría a situaciones socioeconómicas y ambientales desfavorables para la región Ucayali y la amazonia peruana en su conjunto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Existe una tendencia creciente significativa en la variación de las temperaturas máximas, mínimas y medias en el periodo de 1985 al 2021 en la región de Ucayali y No existe una tendencia creciente significativa en la variación de los niveles de precipitación en el territorio en el periodo de 1985 al 2021.
- El promedio de las temperaturas registradas en las cinco estaciones estudiadas fue lo siguiente; para las temperaturas media se obtuvo un promedio de 26.3°C para cuatro estaciones (Estación Maronal, San Alejandro, Aguaytía y UNU) y 27.5 °C para la Estación Pucallpa; con respecto temperaturas máximas y mínimas se registraron un promedio de 31.5°C y 21.1°C respectivamente.
- El promedio de las precipitaciones registradas en las cinco estaciones estudiadas fueron los siguientes, para las Estaciones Maronal, San Alejandro se registraron un promedio de 2160.59 mm/año; para las Estaciones Pucallpa y UNU se registraron un promedio de 1654.17 mm/año y para la estación Aguaytía registró un promedio de 4543.69 mm/año.
- La tendencia de la temperatura Media (promedios anuales) en todas las estaciones evaluadas presentan una tendencia de crecimiento en el periodo evaluado; se estima un incremento de 1.16°C de temperatura promedia para la región de Ucayali hacia 2030; y con respecto a la precipitación promedio no se registran tendencias estadísticamente crecientes o decreciente para la zonas de san Alejandro , Curimana y Coronel Portillo a excepción de los datos de las estación del Distrito de Padre abad que si muestra una tendencia creciente de la precipitación por lo que se observó que los volúmenes de precipitación han

aumentado en los últimos 20 años; superando la media anual de 4543.69 mm/año para la zona del Distrito de Padre Abad.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda investigar más a fondo las causas de la Variación de la Temperatura (cambio climático) en la región Ucayali, así como sus posibles impactos negativos en la región, asimismo se recomienda investigar cómo se pueden adaptar las comunidades de la región Ucayali a los efectos del cambio climático.
- Se recomienda realizar estudios científicos con respecto a determinar las causas de los cambios de la temperatura, es decir si estos podrían estar influenciados con las actividades antropogénicas en la región Ucayali (escala regional y local), o es un daño colateral del propio calentamiento global del planeta.
- Se recomienda investigar más a fondo las causas de la variabilidad de la precipitación en la provincia de Padre Abad, así como sus posibles impactos en el ambiente y en el aspecto socioeconómico que promueva la gestión los recursos hídricos de la provincia de manera sostenible en el contexto del cambio climático.
- Se recomienda utilizar las series climáticas observadas para futuros estudios de variabilidad de precipitación y temperatura, debido a que las series modeladas pueden estar suprimiendo la señal climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, J. (2017). *Análisis de tendencias de temperatura y precipitación pluvial en la cuenca del río Ilave.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Akter, R., Mohammed, R., Jahangir, M., & Ashraful, K. (2019). Observed trends in temperature and rainfall in Bangladesh using pre-whitening approach. *Global and Planetary Change, 172*, 104-113. doi:https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.10.001

Almeida, C., Oliveira, J., Delgado, R., Cubo, P., & Ramos, M. (2016). Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. *International Journal of Climatology, 37*(4), 2013-2026. doi:https://doi.org/10.1002/joc.4831

Almidón, A., & Susans, A. (Octubre de 2019). *Análisis de tendencias de precipitación y temperatura (1970–2017) en la ciudad de Puerto Maldonado, Perú.* Obtenido de Repositorio Institucional - UNSAAC: http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4769/253T20191175_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Álvarez, V., Taboada, J., & Lorenzo, M. (2011). Cambio climático en Galicia en el siglo XXI: Tendencias y variabilidad en temperaturas y precipitaciones. *ACT 2*, 65-76.

Asfaw, A., Simane, B., Hassen, A., & Bantider, A. (2018). Variability and time series trend analysis of rainfall and temperature in northcentral Ethiopia: A case study in Woleka sub-basin. *Weather and Climate Extremes, 19*, 29-41. doi:https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.12.002

ASAMBLEA Mundial de la Salud. Salud, medio ambiente y cambio climático: proyecto de estrategia mundial de la OMS sobre salud, medio ambiente y cambio climático: transformación necesaria para mejorar de forma sostenible las condiciones de vida y el bienestar mediante la creación de ambientes saludables. Informe del Director General: Organización Mundial de la Salud. 2019,

Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Dialnet, 17*(1), 47-52. Obtenido de ISSN 2306-8582, ISSN-e 2313-2957

Bindoff, N., Stott, P., Achuta, K., Allen, M., Gillet, N., & Gutzler, D. (2013). Chapter 10 - Detection and attribution of climate change: From global to regional. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *IPCC Working Group I Contribution to AR5*. Obtenido de http://pure.iiasa.ac.at/10552

Brubaker, K., Entekhabi, D., & Eagleson, P. (1993). Estimation of Continental Precipitation Recycling. *Journal of Climate*, 1077-1089. doi:https://doi.org/10.1175/1520-0442(1993)006%3C1077:EOCPR%3E2.0.CO;2

Brack, (2005). Ecorregiones y ecosistemas del Peru. Lima: Bruño.

Ciclo hidrológico. (2022). Obtenido de Precipitación: https://www.ciclohidrologico.com/precipitacin

Dimitrova, A., McElroy, S., Levy, M., Gershunov, A., & Benmarhnia, T. (2022). Precipitation variability and risk of infectious disease in children under 5 years for 32 countries: a global analysis using Demographic and Health Survey data. *The Lancet Planetary Health, 6*(2), 147-155. doi:https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00325-9

ENCCU. (2020). ESTRATEGIA REGIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE UCAYALI. *GOREU/ARAU*, 1-84. Obtenido de https://dar.org.pe/wp-content/uploads/2021/03/Estrategia-Cambio-Climatico-Ucayali.pdf

Fernández, P., & Díaz, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística.*, 1-4. Obtenido de http://homepage.cem.itesm.mx/amaya.arribas/diferenciascualti-cuant.pdf

Fuente, F. M. (2010). *Cambio Climático en el Perú. Amazonía.* Fundación Manuel J. Bustamante de la Fuente. Lima: Apus Graph Ediciones.

García, G. (2006). *Investigación comercial.* ESIC Editorial.

Gulcebi, M., Bartolini, E., Lee, O., Panagiotis, C., Onat, F., Striano, P., . . . Foley, A. (2021). Climate change and epilepsy: Insights from clinical and basic science studies. *Epilepsy & Behavior, 116*, 1-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2021.107791

Hamed, K. (2009). Exact distribution of the Mann–Kendall trend test statistic for persistent data. *Journal of Hydrology, 36*(1-5), 86-94. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.11.024

Hawkins, E., Ortega, P., Suckling, E., Schurer, A., Hegerl, G., Jones, P., . . . Jan, G. (2017). Estimating Changes in Global Temperature since the Preindustrial Period. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1841-1856. doi:https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0007.1

Rodriguez (2011), Estimacion de la distribucion espacial de la precipitación en zonas montañosas mediante metodos geoestadisticos.

Imfeld, N., Ssedlmeier, K., Gubler, S., Correa, K., Dávila, C., Huerta, A., . . . Schwierz, C. (2020). A combined view on precipitation and temperature climatology and trends in the southern Andes of Peru. *RESEARCH ARTICLE, 41*(1), 679-698. doi:https://doi.org/10.1002/joc.6645

IPCC (b). (2007). *Cambio climático 2007: impactos, adaptación y vulnerabilidad.* EE.UU: Cambridge University Press.

IPCC. (2014). Cambio climático Impactos, adaptación y vulnerabilidad. 58.

IPCC. (2021). *Cambio Climático 2021: la Base de la Ciencia Física.* EE.UU.

IPCC, P. I. (2007). *Impactos del Cambio Climático. Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático.* Paris.

Javaherian, M., Ebrahimi, H., & Aminnejad, B. (2021). Prediction of changes in climatic parameters using CanESM2 model based on Rcp scenarios (case study): Lar dam basin. *Ain Shams Engineering Journal, 12*(1), 445-454. doi:https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.012

Lahoz, R., Escobar, J., & Fernandez, C. (1994). *Métodos estadísticos en biología del comportamiento.* Editorial Complutense.

Levin, R., & Rubin, D. (2004). *ESTADISTICA PARA ADMINISTRACION Y ECONOMIA.* Pearson Educación.

Lopes, R., da Silva, D., Monteiro, P., Goncalves, R., Wanzeler, P., & Barreiros, E. (2020). Evaluation of extreme rainfall indices from CHIRPS precipitation estimates over the Brazilian Amazonia. *Atmospheric Research, 238*, 1-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104879

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmerica, 3*(1), 47-50. doi:ISSN-e 1390-9592

Malas, N., & Sankarasubramanian, A. (2003). Effect of persistence on trend detection via regression. *Water Resources Research, 39*(12). doi:https://doi.org/10.1029/2003WR002292

Ministerio del Ambiente MINAM (2013) Diagnostico para la gestion del cambio Climatico en Ucayali

Ministerio del Ambiente MINAM (2016) Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.° 2016-04430 Impreso en: Gráfica Biblos S.A. Calle Morococha Nº 152, Surquillo - Lima.

Moncada, J. (1970). *Estadística, ciencias del movimiento humano.* Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Moya, L. (1986). *Introducción a la estadística de la salud.* Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.

Moya, Ortega y Jurado (2015) Evaluación del Modelo Climático Global MIROC5 y estimaciones de temperatura y precipitaciones para las zonas sur y norte del Perú. DOI: http://dx.doi.org/10.18259/acs.2015028

Mahowald, N. M., Randerson, J. T., Lindsay, K., Munoz, E., Doney, S. C., Lawrence, P., … & Hoffman, F. M. (2017). Interactions between land use change and carbon cycle feedbacks. Global Biogeochemical Cycles, 31(1), 96-113.

Mahowald, N. M., Ward, D., Doney, S., Hess, P., & Randerson, J. T. (2017). Are the impacts of land use on warming underestimated in climate policy? Environmental Research Letters.

Mu, Y., & Jones, C. (2022). An observational analysis of precipitation and deforestation age in the Brazilian Legal Amazon. *Atmospheric Research, 6*, 1-28. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106122

Munirrah, N., Zuarni, R., Mohamed, H., Mat, N., Rosdi, F., & Mat, N. D. (2022). Identifying and validating game design elements in serious game guideline for climate change. *HELIYON, 8*(1). doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08773

Murali, J., & Afifi, D. (2013). Rainfall variability, food security and human mobility in the Janjgir-Champa district of Chhattisgarh state, India. *Climate and Development*, 28-37. doi:https://doi.org/10.1080/17565529.2013.867248

NASA (2015). «NASA, NOAA Find 2014 Warmest Year in Modern Record» consultado https://www.nasa.gov/news-release/nasa-noaa-find-2014-warmest-year-in-modern-record/.

Oh, S., Son, S., & Min, S. (2021). Possible impact of urbanization on extreme precipitation–temperature relationship in East Asian megacities. *Weather and Climate Extremes, 34*, 1-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100401

Olmo, M., Bettolli, M., & Rusticucci, M. (2020). Atmospheric circulation influence on temperature and precipitation individual and compound daily extreme events: Spatial variability and trends over southern South America. *Weather and Climate Extremes, 29*, 1-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100267

Orosco L (2020) Análisis del fenómeno de islas de calor con sensores remotos y estaciones climáticas en Bogotá, Colombia descaragdi de https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9469/141557.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ORGANIZACIÓN Meteorológica Mundial (OMM). Tiempo-Clima-Agua. 2023

Pauca, A., Ramos, C., Luque, C., Talavera, C., Villasante, J., Quispe, J., & Villegas, L. (2020). Análisis espacio temporal y climático del humedal altoandino. *REVISTA DE TELEDETECCIÓN, 55*, 105-118. doi:https://doi.org/10.4995/raet.2020.13325

Pendergrass, A., Knutti, R., Lhener, F., Desierto, C., & Sanderson, B. (2017). Precipitation variability increases in a warmer climate. *SScientific Report*. doi:https://doi.org/10.1038/s41598-017-17966-y

Pepió, M. (2009). *Series Temporales.* Catalunya.

Puertas, O., Carvajal, Y., & Quintero, M. (2011). STUDY OF MONTHLY RAINFALL TRENDS IN THE UPPER AND MIDDLE CAUCA RIVER BASIN, COLOMBIA. *Dynas, 78*(169), 1-12. doi:ISSN 0012-7353

Proyecto de Monitoreo de los Andes Amazonicos. (MAAP) 2022 Mapa base de pérdida de bosque amazónico 2022. Puntos críticos de deforestación e incendios en todo el bioma. https://www.maaproject.org/2023/amazonia-2022/

Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Migación del Cambio Climáco (PNCBMCC),2021 cobertura y pérdida de bosques humedos amazonico periodo 2021.

Ramírez, E., Acosta, M., & Vélez, J. (2017). Análisis de condiciones climatológicas de precipitaciones de corto plazo en zonas urbanas: caso de estudio Barranquilla, Colombia. *Idesia (Arica), 35*(2). doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000023

Rojas, E., Arce, B., Peña, A., Boshell, F., & Ayarza, M. (2010). Quantization and interpolation of local trends in temperature and precipitation in the high Andean areas of Cundinamarca and Boyaca (Colombia). *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11*(2), 173-182. doi:ISSN: 0122-8706

Rothenberg, M. (2022). The climate change hypothesis for the allergy epidemic. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. doi:https://doi.org/10.1016/j.jaci.2022.02.006

Satgé, F., Piloto, B., Roig, H., & Paule, G. (2021). Are gridded precipitation datasets a good option for streamflow simulation across the Juruá river basin, Amazon? *Journal of Hydrology, 602*. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126773

Satish, G., Tajia, P., & Abhijeet, P. (2021). Drought identification and analysis of precipitation trends in Beed District, Maharashtra. *Materials Today Proceedings*, 1-10. doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.523

Seneshaw, Y., Hsu, M., & Pun, I. (2021). Trend and change-point detection analyses of rainfall and temperature over the Awash River basin of Ethiopia. *Heliyon, 7*(9), 1-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08024

Siddiqui, A., Kushwaha, G., Nikam, B., Srivastav, S., Shelar, A., & Kumar, P. (2021). Analysing the day/night seasonal and annual changes and trends in land surface temperature and surface urban heat island intensity (SUHII) for Indian cities.

Sustainable Cities and Society, 75, 1-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103374

Siegel, A., & Wagner, M. (2022). Chapter 10 - Hypothesis Testing: Deciding Between Reality and Coincidence. *Practical Business Statistics (Eighth Edition)*, 267-309. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820025-4.00010-5

Surminski, S., Barnes, J., & Vicente, K. (2022). Can insurance catalyse government planning on climate? Emergent evidence from Sub-Saharan Africa. *World Development, 153*, 1-10. doi:https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.105830

Termosistemas. (2022). *Termosistemas*. Obtenido de Temperatura: http://www.termosistemas.com.ar/sitio/vernota.php?nota=247&cat=1

Trenberth, K., Zhang, Y., & Gehne, M. (2017). Intermittency in Precipitation: Duration, Frequency, Intensity, and Amounts Using Hourly Data. *Journal of Hidrometeorologu¿y, 18*(5), 1393-1412. doi:https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0263.1

Umar, D., Firuz, M., Zaharin, A., Rohaizad, N., & Abel, A. (2018). Evidence of climate variability from rainfall and temperature fluctuations in semi-arid region of the tropics. *Atmospheric Research, 24*, 52-64. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.03.023

Villón, M. (2006). *Hidrología estadística.* Instituto tecnológico de costa rica.

Wu, P., Christidis, N., & Stott, P. (2013). Anthropogenic impact on Earth's hydrological cycle. *Nature Climate Change, 3*, 807-810. doi:https://doi.org/10.1038/nclimate1932

Yue, S., & Yuan, C. (2004). The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. *Water Resources Management*, 201-218. doi:https://doi.org/10.1023/B:WARM.0000043140.61082.60

Yue, S., Pilón, P., & Cavadías, J. (2002). Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology, 259*(1-4), 254-271. doi:https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7

Zambrano, F., Wardlow, T., Tadesse, T., Saavedra, M., & Lagos, O. (2017). Evaluating satellite-derived long-term historical precipitation datasets for drought monitoring in Chile. *Atmospheric Research, 186*, 26-42. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.11.006

ANEXOS

Anexo 01. Datos de temperatura de las estaciones evaluadas

Temperatura media Diaria: Estación Aguaytía

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TEMP-MED-ANUAL
1997	25.93	25.76	26	26.05	25.22	25.53	25.28	25.6	26.63	26.28	26.13	26.05	25.87
1998	26.69	26.29	26.75	26.28	25.67	24.97	25.95	26.88	26.5	26.48	25.9	26.14	26.21
1999	25.07	25.4	25.24	25.72	25.32	25.26	25.23	25.83	25.98	26.24	25.72	25.68	25.56
2000	25.27	25.4	25.14	25.94	26.33	25.44	25.6	26.8	26.4	25.73	25.81	25.55	25.78
2001	25.26	25.17	25.17	26.15	25.34	25.51	25.52	26.18	26.28	26.83	26.3	26.59	25.86
2002	26.41	25.68	26.08	26.5	26.2	25.57	25.74	26.41	27.34	26.78	26.46	26.44	26.30
2003	26.76	26.36	26.45	27.03	26.71	26.61	25.95	26.27	26.91	27.15	27.38	26.1	26.64
2004	26.71	26.01	26.62	26.85	25.39	26.01	25.7	25.56	25.97	26.63	26.07	26.38	26.16
2005	26.34	26.48	26.45	26.59	26.67	26.21	25.76	26.82	27.11	26.62	26.79	26.21	26.50
2006	25.72	25.61	26.01	25.87	25.29	25.36	26.11	26.35	26.75	26.75	26.21	25.9	25.99
2007	25.96	26.06	26.07	26.35	25.77	25.78	25.55	26.52	27.56	26.69	26.31	26.28	26.24
2008	25.63	25.5	25.58	25.49	25.46	24.54	25.93	26.99	26.47	26.46	26.96	25.74	25.90
2009	25.42	25.12	25.69	26.01	25.75	24.73	25.51	26.78	27.15	27.2	26.42	26.06	25.99
2010	26.32	26.2	26.75	26.44	25.93	25.82	24.96	26.82	27.69	26.86	26.42	25.74	26.33
2011	24.87	24.75	25.12	26.06	25.66	25.19	25.53	26.23	26.59	25.86	26.33	25.4	25.63
2012	25.66	24.91	25.92	25.87	25.89	25.43	25.47	26.42	27.01	26.89	26.67	25.49	25.97
2013	26.06	25.33	25.49	26.17	25.3	25.38	25.28	25.41	27.02	26.6	25.95	26.63	25.89
2014	25.8	25.59	25.8	26.34	25.71	26.2	25.31	26.44	26.94	26.52	26.05	26.02	26.06
2015	25.68	25.24	26.36	25.93	25.41	25.94	25.76	27.39	28.2	27.06	26.75	26.44	26.35
2016	26.84	26.55	26.57	26.61	26.33	25.54	27.12	27.03	26.41	26.41	26.65	26.32	26.53
2017	25.51	25.85	25.98	26.19	26.78	25.9	26.51	27.45	27.23	27.15	26.06	26.76	26.45
2018	26.26	26.25	26.36	26.35	26.58	25.31	26.23	26.13	27.59	26.32	25.96	26.13	26.29
2019	25.86	25.85	26.16	26.6	26.56	26.68	25.94	27.31	27.32	26.35	26.55	26.12	26.44
2020	26.56	26.46	26.16	26.08	26.54	26.37	26.21	26.81	27.31	27.63	27.63	26.12	26.66
2021	25.8	26.31	26.16	26	26.51	26.06	26.05	27.33	27.59	27.24	26.47	26.56	26.51

Temperatura media Diaria: Estación Pucallpa

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM/MENSUAL
1994	27.16	26.92	26.6	26.06	26.37	25.93	26.15	26.85	27.71	27.17	27.34	27.32	26.80
1995	27.9	27.47	26.32	27.23	26.58	26.37	27.08	27.19	28.19	27.55	27.98	26.98	27.24
1996	26.61	28.01	26.63	26.97	26.72	26.41	26.1	26.96	27.18	27.47	27.49	27.66	27.02
1997	27.05	28.56	26.93	27.9	26.39	26.5	26.09	27.23	28.82	27.4	29.05	28.32	27.52
1998	28.86	29.11	28.32	27.4	27.55	26.59	26.08	28.69	28.45	27.32	28.02	27.76	27.85
1999	26.3	26.33	27.8	26.9	25.97	26.31	26.07	26.26	28.5	27.25	27.61	27.5	26.90
2000	26.73	26.81	27.22	27.18	27.09	26.56	26.12	27.14	27.51	27.73	28.09	27.84	27.17
2001	26.31	27	26.11	26.95	26.59	25.99	26.16	26.7	27.13	28.2	28.06	28.11	26.94
2002	27.46	27.36	26.76	26.97	26.55	26.26	25.86	26.27	26.85	28.23	28.08	28.37	27.09
2003	28.61	27.72	27.4	26.98	26.51	26.53	25.55	25.83	26.57	28.25	28.32	27.53	27.15
2004	27.53	26.88	27.22	27.43	25.44	24.95	25.15	25.7	26.39	27.21	27.26	27.36	26.54
2005	27.71	27.39	26.97	26.78	27.13	26.31	26.28	27.37	27.64	27.92	28.03	27.8	27.28
2006	27.63	27.31	27.42	27.15	26.16	26.83	27.41	27.99	28.17	28.56	28.12	28.28	27.59
2007	28.68	28.27	27.66	27.61	26.4	26.85	26.71	27.33	28.29	27.96	28.19	27.81	27.65
2008	27.85	27.41	26.9	27.24	26.74	25.3	27.19	28.22	27.59	27.85	28.36	28.23	27.41
2009	27.49	27.32	27.71	27.35	27.53	26.45	27.66	28.1	28.47	28.6	28.9	28.47	27.84
2010	29.01	28.2	28.21	28.18	27.25	27.35	26.13	27.73	28.71	28.49	28.04	27.94	27.94
2011	27.76	26.13	26.73	27.28	26.91	26.48	27.29	27.9	28.31	27.55	28.03	27.34	27.31
2012	27.67	26.26	26.9	27.4	27.49	26.35	26.51	27.58	28.45	28.06	28.16	28.05	27.41
2013	27.95	27.33	27.56	27.88	27.53	26.77	27.11	27.26	28.58	28.57	28.28	28.76	27.80
2014	27.92	27.66	27.31	27.68	27.5	27.39	26.59	27.37	28.64	28.36	28.31	28.07	27.73
2015	27.16	27.96	27.77	27.51	27.53	27.51	27.53	28.33	29.16	28.88	29.33	28.4	28.09
2016	29.5	28.22	28.22	28.26	27.56	26.36	27.76	28.21	27.61	28.23	28.94	28.55	28.12
2017	27.21	28.1	27.88	28.49	28.13	27.13	27.54	27.17	28.18	28.32	28.8	28.32	27.94
2018	27.24	27.8	27.35	27.29	26.81	25.73	26.3	26.13	28.75	28.4	28.66	28.08	27.38
2019	27.66	27.39	27.23	28.11	27.44	26.96	26.61	27.49	29.29	28.29	28.91	28.08	27.79
2020	28.83	28.62	28.15	28.15	28.07	26.53	26.73	27.99	29	29.05	28.58	28.35	28.17
2021	28.12	28.3	29.07	28.19	28.7	26.93	26.84	28.49	28.7	29.81	28.24	28.62	28.33
PROM/ANUAL	27.71	27.57	27.37	27.45	27.02	26.49	26.59	27.34	28.10	28.10	28.26	28.00	

Temperatura media Diaria: Estación San Alejandro

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TEM MEDIA ANUAL
25.67	25.81	26.12	26.22	25.8	25.46	25.52	26.2	26.77	26.8	26.73	26.71	26.15
25.6	25.46	25.86	25.51	25.79	25.56	24.34	26.13	26.1	26.3	26.86	26.32	25.82
25.85	25.73	25.75	26.13	25.73	24.24	25.02	25.81	26.24	26.89	26.68	26.52	25.88
26.5	25.47	25.64	25.92	25.54	25.46	24.89	25.81	26.29	26.51	26.8	26.66	25.96
26.43	25.96	25.81	26.09	25.93	26.03	25.46	25.36	26.66	27.25	26.91	26.18	26.17
26.5	25.78	26.2	26.64	24.77	24.83	24.29	24.67	25.73	26.65	26.23	26.21	25.71
26.71	26.61	26.57	26.01	26.4	25.56	24.63	26.34	26.76	26.69	26.93	26.13	26.28
26.03	25.91	25.81	25.93	24.67	25.39	25.69	26.47	26.42	27.01	26.13	26.35	25.98
26.69	26.06	25.59	26.03	24.85	25.26	24.99	25.73	26.78	26.27	26.53	26.18	25.91
25.74	25.88	25.17	25.96	25.18	24.18	25.76	27.05	26.63	26.84	27.33	26.24	26.00
25.93	25.75	26.03	26.04	25.94	24.75	25.66	26.5	27.19	27.7	27.28	26.71	26.29
27.3	27.22	27.04	26.86	26.25	25.85	25.29	26.55	27.43	26.9	26.87	26.6	26.68
25.93	25.09	25.43	26.15	25.75	25.54	25.85	26.54	26.79	26.24	26.95	26.14	26.03
26.46	25.56	26.26	26.13	25.72	25.26	25.36	26.99	27.27	27.24	27.49	26.03	26.31
26.61	26.12	26.68	26.58	26.04	25.95	25.4	25.42	27.08	27.14	26.4	26.38	26.32
25.97	26.27	25.85	26.11	26	26.17	25.02	26.2	26.71	27.38	26.84	26.72	26.27
26.23	26.3	26.21	26.11	26.14	26.24	26.25	27.35	28.36	27.22	27.26	26.99	26.72
27.62	26.88	27.01	27.1	26.25	25.36	26.5	26.41	26.53	27.19	26.9	27.15	26.74
25.91	26.83	26.56	26.87	26.78	25.64	26.19	27.11	26.91	26.81	26.59	26.83	26.59
27.08	26.65	26.49	26.13	26.01	25.26	25.6	25.57	27.39	26.45	26.48	26.7	26.32
27.09	26.1	26.6	26.87	26.45	26.19	25.55	26.2	27.54	26.77	26.96	26.15	26.54
27.11	26.36	26.97	26.34	25.95	25.71	26.61	26.61	26.39	26.67	26.39	25.7	26.40
25.75	26	25.11	25.81	25.44	25.23	25.72	25.95	26.06	26.31	25.26	26.22	25.74
26.38	**26.08**	**26.12**	**26.24**	**25.80**	**25.44**	**25.46**	**26.22**	**26.78**	**26.84**	**26.73**	**26.43**	

Temperatura media Diaria: Estación Maronal

AÑO	Enero	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM. Mensual
1997	26.56	26.22	26.18	26.28	25.93	25.72	25.52	26.21	26.64	27.73	26.80	27.00	26.40
1998	27.46	27.49	27.28	26.87	25.59	24.71	25.80	27.29	26.52	26.92	26.99	26.63	26.63
1999	26.81	25.47	26.10	26.37	25.61	24.64	24.59	26.11	27.08	26.72	27.18	26.81	26.12
2000	26.16	25.69	25.85	25.87	25.24	24.73	23.38	24.93	26.51	26.52	27.37	26.22	25.71
2001	25.75	25.70	25.72	26.03	25.34	23.31	24.84	25.14	25.93	26.72	27.15	26.91	25.71
2002	27.03	26.09	25.93	25.88	25.53	24.88	24.62	25.38	26.47	26.91	26.94	26.75	26.03
2003	26.63	26.84	26.21	26.11	25.32	25.25	24.23	24.96	26.49	27.20	27.46	26.83	26.13
2004	26.10	26.40	26.32	26.67	24.85	24.61	24.51	25.30	25.85	26.72	26.13	26.42	25.82
2005	26.56	26.54	26.62	26.31	26.81	25.85	24.28	26.09	26.18	26.60	27.23	26.49	26.30
2006	26.46	26.17	26.52	25.95	24.73	26.01	25.67	26.26	26.70	26.97	26.67	26.69	26.23
2007	26.95	26.61	26.14	26.51	25.35	25.81	25.70	25.94	26.66	26.90	26.89	26.72	26.35
2008	26.07	26.02	25.56	25.99	25.29	24.26	25.69	26.83	26.17	25.97	27.06	26.73	25.97
2009	26.27	26.33	26.03	25.93	25.73	24.72	25.31	25.78	26.73	27.66	27.75	27.97	26.35
2010	28.40	27.06	28.51	28.15	28.07	27.53	25.93	27.52	27.20	26.41	27.10	26.77	27.39
2011	26.96	26.17	25.56	26.59	25.73	25.63	26.05	26.84	27.24	26.52	26.95	26.82	26.42
2012	26.15	25.71	26.07	25.48	27.10	26.68	26.30	26.92	27.07	26.31	26.90	25.58	26.36
2013	26.68	26.51	26.88	26.05	26.41	25.78	26.32	26.09	27.06	27.40	26.10	27.17	26.54
2014	26.32	26.34	25.86	25.97	26.15	26.43	25.31	26.49	27.43	26.29	26.99	27.55	26.43
2015	27.00	26.59	27.21	26.14	26.79	26.46	26.20	26.96	27.91	27.10	26.66	26.49	26.79
2016	26.45	25.40	25.62	26.74	26.17	25.86	26.38	26.26	26.12	26.69	26.75	26.24	26.22
2017	25.94	26.13	26.24	26.26	26.39	25.88	26.12	27.15	27.10	27.13	27.05	27.24	26.55
2018	26.50	27.05	26.60	26.43	26.93	27.05	26.84	26.39	27.08	26.14	26.31	26.41	26.64
2019	26.15	25.60	26.38	26.69	26.59	27.10	27.21	26.78	26.94	26.54	26.64	25.86	26.54
2020	27.52	26.87	26.12	27.53	26.29	26.79	26.45	26.63	26.39	26.05	26.42	25.59	26.55
2021	26.55	26.60	25.22	26.56	25.76	25.82	24.78	26.74	26.06	26.46	25.54	25.06	25.93
Prom. Anual	**26.62**	**26.30**	**26.27**	**26.37**	**25.99**	**25.66**	**25.52**	**26.28**	**26.70**	**26.74**	**26.84**	**26.60**	

Temperatura media Diaria: Estación UNU

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom. Anual
1984	23.80	25.35	25.90	25.95	26.55	25.55	24.75	25.30	26.35	27.00	26.75	26.95	25.9
1985	26.55	26.00	26.15	25.90	26.20	24.55	25.05	25.25	26.25	26.65	24.85	25.40	25.7
1986	24.50	23.70	23.75	24.30	25.00	23.80	22.75	24.60	24.40	24.95	24.70	24.70	24.3
1987	25.15	24.90	24.50	25.50	25.45	23.90	25.20	24.10	24.85	26.00	25.60	25.60	25.1
1988	25.50	25.20	24.80	25.00	24.30	22.75	23.25	25.85	26.55	26.95	26.35	27.30	25.3
1989	26.25	26.35	26.45	24.70	25.35	25.15	23.85	25.20	26.20	25.45	25.60	26.85	25.6
1990	25.15	24.70	25.45	25.35	24.40	23.75	23.30	25.95	25.95	27.20	26.80	26.75	25.4
1991	27.75	25.10	26.70	26.75	26.85	25.20	25.00	25.15	27.30	26.00	26.35	27.50	26.3
1992	27.55	25.25	25.20	27.45	27.40	26.25	23.35	22.30	23.25	24.00	24.10	23.90	25.0
1993	23.90	24.40	23.45	23.85	23.75	22.50	22.45	22.35	24.20	24.05	24.15	24.25	23.6
1994	24.00	23.60	24.20	24.35	24.30	23.30	22.70	23.35	24.35	23.70	23.75	24.05	23.8
1995	24.65	23.90	23.80	24.00	25.85	26.10	26.45	26.75	27.10	27.20	27.25	26.75	25.8
1996	26.25	26.00	26.55	26.50	25.55	25.00	24.80	26.85	26.45	27.35	26.25	27.25	26.2
1997	26.75	26.35	26.85	27.50	26.25	26.55	26.65	26.20	28.05	28.55	28.15	28.45	27.2
1998	28.80	28.75	28.15	28.40	26.45	25.60	26.85	28.05	27.35	27.75	26.85	26.60	27.5
1999	25.90	26.15	26.50	25.45	25.25	24.70	24.00	23.85	26.00	25.55	25.25	26.70	25.4
2000	25.95	25.65	26.10	25.75	25.50	25.45	23.20	25.40	24.30	26.30	27.05	26.55	25.6
2001	26.45	26.05	25.20	25.90	25.95	24.60	25.70	26.55	26.45	27.80	27.45	27.25	26.3
2002	27.13	26.90	26.88	27.00	26.13	25.95	25.53	26.32	26.77	27.63	27.80	26.60	26.7
2003	27.70	28.90	27.10	26.95	26.45	26.45	25.40	25.15	26.30	28.05	27.75	27.10	26.9
2004	26.75	25.35	26.85	27.40	25.30	25.70	25.40	25.90	26.35	27.40	26.90	27.40	26.4
2005	27.35	27.10	27.35	26.85	27.15	26.35	24.95	27.50	27.15	28.25	28.30	27.65	27.2
2006	27.60	26.70	27.30	28.25	26.35	27.25	27.15	27.70	27.50	28.60	28.15	28.20	27.6
2007	28.05	28.00	27.40	27.55	26.60	26.80	26.00	26.85	28.20	28.05	28.20	28.15	27.5
2008	27.40	27.40	26.75	27.05	26.05	25.25	27.20	28.30	27.45	27.75	27.65	27.65	27.2
2009	26.80	27.15	27.45	26.75	27.20	26.25	27.20	27.50	28.25	28.75	28.55	28.45	27.5
2010	28.55	28.25	27.80	28.10	27.20	26.80	25.20	26.60	27.80	27.55	27.25	27.40	27.4
2011	27.10	25.85	26.60	26.90	26.20	25.90	26.20	26.65	27.20	26.85	27.45	26.60	26.6
2012	27.05	26.00	26.30	26.90	26.45	25.50	25.10	26.80	27.10	27.20	28.00	26.90	26.6
2013	27.15	26.85	27.25	27.20	26.70	26.80	25.80	25.60	27.25	27.55	26.65	27.45	26.9
2014	26.75	26.85	26.30	26.70	26.45	26.50	25.40	26.20	27.80	27.45	26.95	27.30	26.7
2015	26.45	26.90	27.20	26.80	26.70	26.55	26.55	27.55	28.50	27.90	28.10	27.45	27.2
2016	28.75	25.80	27.55	27.10	26.65	25.50	26.95	27.75	26.70	27.35	27.90	27.40	27.1
2017	26.10	25.80	26.80	26.50	27.45	25.35	26.40	28.10	28.15	28.25	28.75	28.00	27.1
2018	26.20	27.15	27.30	26.85	26.55	24.95	25.60	25.40	27.70	27.35	27.55	26.80	26.6
2019	26.65	26.70	26.60	27.50	26.95	27.10	26.15	26.30	28.10	27.25	27.50	27.10	27.0
2020	27.75	27.35	27.00	27.00	26.15	26.50	25.60	26.40	27.70	27.25	27.35	26.55	26.9
2021	26.60	26.50	27.00	26.60	26.55	25.35	25.30	27.05	27.70	28.35	27.65	27.85	26.9
Prom. Mensual	26.5	26.2	26.3	26.4	26.1	25.5	25.2	26.0	26.7	27.0	26.9	26.9	26.3

Anexo 02. Datos de Precipitación de las estaciones evaluadas

Precipitación Total Diaria (mm): Estación Aguaytía

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP. TOTAL ANUAL
1985	806.60	491.80	430.90	439.30	265.20	157.00	99.70	140.50	160.30	484.10	524.50	731.70	4731.6
1986	363.10	712.60	397.60	459.10	218.60	120.00	139.60	139.30	353.30	340.10	631.20	420.40	4294.9
1987	917.40	375.60	234.90	262.60	216.30	59.20	46.50	10.40	87.80	124.90	315.60	252.30	2903.5
1988	182.80	46.70	255.70	26.70	30.70	77.50	32.30	13.90	30.70	98.80	262.60	602.50	1660.9
1989	204.40	160.90	164.30	127.30	181.00	74.40	62.40	78.40	51.80	511.40	619.90	497.00	2733.2
1990	538.00	524.00	388.10	288.60	50.90	50.40	18.30	62.20	15.90	517.70	556.50	740.20	3750.8
1991	602.30	541.00	326.40	299.10	109.80	91.30	195.20	107.00	232.00	273.10	248.70	490.50	3516.4
1992	554.90	672.80	562.80	660.20	323.00	243.60	128.60	18.10	173.10	225.40	747.10	952.00	5261.6
1993	361.10	590.40	446.00	60.80	108.50	312.50	56.90	230.70	244.70	450.80	519.80	597.60	3979.8
1994	559.20	486.60	373.50	349.10	210.60	252.70	180.00	1.10	358.80	288.00	729.40	724.60	4513.6
1995	622.40	802.70	542.90	358.60	337.70	261.00	109.60	127.30	163.80	293.00	425.60	285.60	4330.2
1996	960.10	764.40	626.50	441.90	386.10	212.80	44.60	144.50	178.60	310.60	428.50	963.00	5461.6
1997	602.10	803.90	636.90	572.40	200.80	310.20	107.50	169.60	213.50	370.10	503.00	536.60	5026.6
1998	619.80	667.00	554.50	329.60	326.10	80.20	34.00	205.90	217.00	176.50	1080.20	645.40	4936.2
1999	781.60	351.80	750.30	203.50	428.00	418.60	158.50	38.30	227.60	253.80	477.90	456.20	4546.1
2000	533.80	495.30	631.00	84.10	243.70	470.00	342.30	172.20	131.70	293.40	465.40	307.60	4170.5
2001	501.50	507.70	471.30	200.10	0.00	0.00	276.40	149.20	114.70	317.40	619.20	807.30	3964.8
2002	314.20	631.00	545.20	344.70	331.50	366.30	228.90	246.30	214.10	446.00	356.30	0.00	4024.5
2003	401.40	794.30	518.70	351.20	349.40	288.80	137.60	235.50	235.20	191.60	415.60	663.90	4583.2
2004	630.90	622.50	422.90	422.40	325.20	168.90	339.50	109.90	142.70	407.30	596.00	403.00	4591.2
2005	721.50	344.30	605.30	317.50	320.30	78.10	131.00	19.00	132.10	320.90	366.00	435.90	3791.9
2006	519.20	567.60	621.60	413.70	180.10	280.90	73.60	116.40	192.40	729.00	509.80	737.10	4941.4
2007	586.10	534.40	326.30	457.70	351.70	130.10	465.50	61.80	26.20	293.00	566.80	513.90	4313.5
2008	794.10	659.50	449.80	527.00	314.40	315.80	108.50	82.20	122.50	297.20	187.60	695.10	4553.7
2009	484.70	487.00	620.90	327.80	387.70	333.50	279.50	51.70	272.30	349.80	591.30	970.40	5156.6
2010	546.70	721.30	265.40	328.90	164.20	139.70	246.20	59.10	91.30	446.40	327.60	446.20	3783
2011	581.70	948.90	584.20	268.10	324.80	337.40	301.00	106.60	194.00	424.30	366.10	747.80	5184.9
2012	635.00	791.20	613.70	487.20	498.40	136.90	52.00	62.50	60.40	327.90	380.60	860.90	4906.7
2013	591.80	765.30	574.60	435.90	768.00	178.80	98.50	261.90	85.00	434.80	666.40	484.60	5345.6
2014	655.70	681.30	448.20	334.60	533.10	392.50	138.30	215.40	245.80	336.90	433.20	639.90	5054.9
2015	712.90	390.70	474.00	358.50	461.60	190.10	309.60	75.20	53.50	232.70	528.30	639.80	4426.9
2016	607.70	529.80	501.50	258.10	456.80	239.50	147.10	189.40	79.00	511.30	285.70	556.30	4362.2
2017	650.80	545.30	580.00	442.60	356.40	302.70	143.90	123.60	134.10	478.10	867.50	344.10	4969.1
2018	318.90	586.80	410.50	360.10	418.10	290.90	173.80	278.50	175.80	350.20	790.50	476.20	4630.3
2019	473.90	541.00	646.30	556.70	248.10	193.40	119.70	12.00	168.00	342.20	462.60	630.40	4394.3
2020	362.80	787.30	0.00	0.00	0.00	0.00	314.20	71.50	352.30	132.60	89.00	713.70	2823.4
2021	511.00	525.20	364.90	416.90	225.00	399.50	137.70	53.30	146.40	426.40	674.50	555.60	4436.4

Precipitación Total Diaria (mm): Estación Pucallpa

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1994	228.40	0.00	273.80	196.80	85.60	0.00	9.70	0.00	0.00	0.00	180.60	229.30	1204.2
1995	40.00	119.20	234.10	190.80	66.40	101.70	42.70	54.10	62.60	183.40	126.70	0.00	1221.7
1996	299.70	502.00	303.20	144.60	104.40	60.60	37.20	104.10	124.20	128.50	199.20	164.90	2172.6
1997	167.10	238.40	0.00	185.90	105.50	76.10	50.20	50.70	90.20	56.20	136.80	60.50	1217.6
1998	28.20	120.10	222.00	285.90	162.50	44.60	19.30	34.10	199.10	140.80	193.80	178.60	1629
1999	409.00	302.00	253.10	251.20	346.90	45.20	31.70	45.20	216.10	68.90	196.60	240.30	2406.2
2000	99.70	334.20	219.20	337.30	95.50	92.60	92.40	46.70	69.00	100.40	185.20	160.70	1832.9
2001	222.80	222.10	113.80	192.70	64.90	122.40	108.70	0.00	115.60	152.20	179.40	201.10	1695.7
2002	140.15	202.98	198.13	245.30	113.03	126.60	101.38	76.95	178.08	101.73	99.70	173.20	1757.2
2003	0.00	161.50	227.50	177.30	229.00	210.20	17.90	0.00	288.40	59.10	55.80	250.90	1677.6
2004	156.10	104.90	235.50	273.90	62.70	79.40	186.50	127.00	202.70	113.00	221.30	240.70	2003.7
2005	81.60	141.30	234.50	203.70	26.00	65.80	5.40	43.80	28.40	213.50	137.40	301.00	1482.4
2006	133.20	436.90	98.70	250.10	22.70	44.50	29.80	86.00	18.10	161.00	314.20	137.30	1732.5
2007	49.70	204.00	202.50	112.50	266.80	7.80	16.80	88.30	40.90	172.90	136.00	170.30	1468.5
2008	403.50	237.50	214.20	227.50	123.30	234.10	75.00	33.40	171.40	177.10	153.80	88.60	2139.4
2009	434.40	168.20	138.70	295.10	185.40	36.60	27.30	15.20	67.80	170.90	94.20	84.90	1718.7
2010	75.10	168.80	270.20	234.90	201.90	14.50	64.80	45.80	83.10	75.90	173.10	98.30	1506.4
2011	204.90	305.80	272.90	165.80	219.10	133.90	33.60	59.10	150.60	260.50	177.30	390.00	2373.5
2012	137.70	177.80	258.00	109.00	93.50	100.20	74.30	25.20	58.30	157.20	105.70	188.90	1485.8
2013	234.50	251.00	170.30	95.20	71.30	58.50	65.60	79.30	200.70	191.90	296.20	88.10	1802.6
2014	180.90	90.80	164.90	246.10	70.10	232.40	34.10	100.10	5.30	233.10	406.90	142.50	1907.2
2015	0.00	112.10	141.90	272.50	90.10	42.70	94.70	64.60	113.30	140.30	337.20	109.90	1519.3
2016	78.90	275.50	221.50	132.20	65.20	12.10	42.50	144.90	134.00	163.20	131.20	166.20	1567.4
2017	633.80	168.30	325.90	61.40	251.90	56.70	30.70	14.20	28.50	192.60	127.80	201.50	2093.3
2018	131.30	277.90	137.70	248.80	169.60	58.00	132.70	103.40	57.70	251.10	179.10	36.60	1783.9
2019	329.20	243.30	267.30	208.40	85.50	126.50	32.30	16.80	51.80	128.70	302.50	306.10	2098.4
2020	243.40	180.70	387.60	0.00	157.10	188.40	0.00	24.80	50.60	132.00	203.50	377.10	1945.2
2021	119.70	375.70	0.00	125.80	0.00	93.70	32.70	75.60	61.80	80.80	156.50	143.20	1265.5

Precipitación Total Diaria (mm): Estación San Alejandro

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	0.00	0.00	0.00	159.40	37.70	64.40	27.20	118.40	155.40	230.50	354.90	0.00
1995	0.00	0.00	130.30	138.20	147.00	59.50	55.40	17.10	165.40	0.00	0.00	0.00
2000	276.80	352.00	328.80	239.50	77.00	206.10	139.60	114.60	116.30	151.00	231.20	216.30
2001	371.30	391.30	220.90	192.60	175.10	96.60	84.10	29.60	203.10	206.50	172.40	312.00
2002	211.80	654.70	362.80	278.80	168.00	41.80	154.60	61.20	262.40	218.40	200.00	0.00
2003	276.50	368.90	364.20	270.80	0.00	77.60	50.80	90.90	142.00	244.50	348.90	342.20
2004	532.90	333.30	256.80	312.40	153.20	82.10	141.10	91.30	190.20	154.10	368.00	322.50
2005	260.80	114.00	226.30	287.60	133.50	123.90	17.80	123.80	85.40	245.40	56.40	342.00
2006	238.40	293.70	406.00	178.00	120.10	94.40	33.70	101.30	298.20	287.70	412.50	443.50
2007	219.00	329.20	198.20	215.10	100.90	66.60	123.20	26.30	52.50	334.30	132.30	424.30
2008	319.00	222.90	289.60	136.80	95.60	89.10	67.00	55.60	144.00	153.80	260.50	375.30
2009	288.30	456.70	217.40	217.90	233.90	164.90	52.20	72.70	104.20	53.40	222.00	179.90
2010	344.30	379.20	125.20	289.40	182.20	44.70	297.00	2.50	110.90	259.40	154.60	272.40
2011	575.90	860.70	504.00	174.10	57.60	108.20	92.40	64.60	119.70	405.60	262.70	362.20
2012	262.50	377.00	234.90	262.70	110.60	56.50	30.50	14.10	158.10	206.30	152.70	438.00
2013	160.90	251.00	382.20	164.20	114.40	117.30	31.00	229.90	58.50	96.10	372.10	0.00
2014	0.00	182.60	185.90	118.10	148.00	82.60	51.30	137.60	96.60	198.20	295.60	250.50
2015	268.20	324.00	101.90	274.30	218.90	75.20	101.60	35.40	133.80	114.40	129.70	155.40
2016	153.40	293.40	163.10	140.20	157.10	150.90	48.40	96.50	109.80	128.60	210.30	283.30
2017	537.30	74.20	246.00	130.90	73.80	15.80	36.30	138.10	82.70	254.80	260.40	195.60
2018	249.90	578.30	143.80	147.00	151.40	115.50	107.80	50.90	125.50	302.70	365.30	97.20
2019	353.70	366.90	440.80	249.60	94.60	119.40	98.70	34.90	65.80	133.40	136.40	325.50
2020	86.40	206.50	0.00	0.00	0.00	0.00	89.30	23.10	58.60	107.60	87.90	458.50
2021	176.10	272.20	373.50	69.70	71.70	99.10	19.10	78.90	223.20	130.70	125.90	103.70

Precipitación Total Diaria (mm): Estación Maronal

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total Anual
0.00	0.00	459.10	182.40	73.90	49.20	60.50	105.00	194.50	145.50	282.30	219.40	1771.8
98.00	103.30	190.00	117.20	142.20	79.60	5.80	38.10	170.40	110.20	190.60	300.50	1545.9
30.10	322.00	259.30	179.50	66.10	86.00	69.40	16.40	94.90	245.20	213.30	164.00	1746.2
270.50	437.80	223.20	258.20	148.80	56.80	67.00	51.10	114.80	199.90	272.20	225.90	2326.2
298.10	326.30	272.40	160.20	147.90	0.00	0.00	117.90	154.90	173.60	236.60	100.90	1988.8
204.70	215.50	320.30	178.40	224.30	39.10	0.00	43.80	133.50	240.00	409.20	246.70	2255.5
296.20	291.10	314.50	169.50	306.90	190.50	50.60	68.80	207.00	90.80	124.20	225.80	2335.9
269.10	412.10	211.50	197.10	132.80	144.90	88.90	112.70	56.80	108.40	215.30	159.00	2108.6
202.10	270.10	225.50	269.80	105.50	54.30	26.20	30.80	82.20	182.80	238.30	270.90	1958.5
104.00	322.80	327.60	200.90	134.80	64.60	138.30	165.40	140.90	175.80	115.30	0.00	1890.4
197.90	269.00	334.50	214.40	0.00	107.60	23.90	39.40	243.20	82.30	189.40	297.40	1999
327.00	153.30	263.70	235.60	129.10	40.00	234.70	56.80	78.50	150.40	258.00	237.10	2164.2
135.80	163.90	223.40	0.00	60.60	59.50	24.90	86.20	66.20	403.50	124.90	419.40	1768.3
222.40	351.90	175.30	157.40	104.20	66.00	54.90	95.00	88.30	150.70	486.60	213.20	2165.9
158.50	270.40	214.10	193.90	116.20	12.00	51.60	98.40	76.40	279.20	90.70	115.40	1676.8
395.60	208.20	366.60	166.50	134.80	102.90	36.90	22.90	113.00	122.80	190.70	190.70	2051.6
334.20	155.50	120.70	440.10	251.60	109.50	116.60	23.50	37.30	72.10	168.10	100.40	1929.6
138.60	201.90	180.50	230.00	116.30	51.00	104.40	3.40	105.90	53.40	270.90	140.50	1596.8
343.00	532.90	392.90	152.60	69.50	46.70	11.50	79.40	259.70	110.90	137.70	181.50	2318.3
165.70	157.80	354.80	229.60	60.70	45.50	50.30	15.80	92.40	192.20	89.60	425.90	1880.3
173.50	203.30	205.80	128.20	105.70	201.70	43.50	144.00	134.50	98.00	410.70	45.00	1893.9
434.00	190.30	389.80	337.30	198.60	194.10	16.90	48.60	48.40	346.20	366.80	25.50	2596.5
253.20	305.80	322.80	304.10	74.60	2.60	58.70	85.90	186.60	220.10	126.80	217.20	2158.4
224.70	223.00	544.80	287.80	161.70	35.20	41.30	98.40	74.70	130.30	327.20	239.60	2388.7
459.00	212.20	280.90	139.90	110.30	10.80	33.30	26.60	147.20	146.30	211.50	231.50	2009.5
243.30	96.90	271.30	216.80	106.60	130.60	120.60	92.00	150.20	174.20	165.40	26.20	1794.1
421.10	394.80	262.40	218.80	115.00	90.80	7.80	29.20	67.60	178.90	148.00	280.10	2214.5
91.20	214.10	170.10	185.40	113.90	60.30	124.10	56.70	87.50	184.40	144.10	561.20	1993
187.50	219.60	618.20	84.60	8.80	101.90	47.60	33.20	241.90	237.90	171.20	188.40	2140.8

Precipitación Total Diaria (mm): Estación UNU

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1984	167.8	120.4	107.0	65.5	11.6	61.0	28.0	38.3	54.3	144.8	129.9	52.7	981.30
1985	80.3	64.1	158.9	53.2	55.6	48.8	107.4	51.2	80.5	270.7	213.2	272.3	1,456.20
1986	56.1	308.8	342.5	269.1	58.0	43.5	6.9	52.1	52.7	119.0	252.5	66.5	1,627.70
1987	98.4	165.0	60.2	268.5	30.1	117.5	108.0	109.8	37.7	90.5	195.6	55.2	1,336.50
1988	34.2	134.5	176.3	85.4	61.8	43.4	11.1	35.0	56.3	88.5	173.9	172.4	1,072.80
1989	164.2	269.6	143.0	114.5	78.8	134.8	57.4	50.8	34.6	120.3	113.7	31.9	1,313.60
1990	146.7	110.0	176.5	240.6	42.0	122.8	53.6	86.3	114.4	65.4	228.2	297.0	1,683.50
1991	30.0	104.6	304.6	98.0	139.0	16.0	56.7	28.8	54.4	81.4	209.3	118.5	1,241.30
1992	56.0	124.7	182.8	90.4	46.2	39.2	97.8	81.2	165.2	118.5	240.2	294.6	1,536.80
1993	220.3	291.2	271.4	247.2	50.7	45.0	87.4	152.2	118.2	127.3	279.8	136.9	2,027.60
1994	229.3	69.1	258.3	212.3	85.6	89.6	9.7	0.0	67.3	256.4	180.6	229.3	1,687.50
1995	40.0	119.2	234.1	190.8	66.4	101.7	42.7	54.1	62.6	183.4	126.7	179.5	1,401.20
1996	299.7	502.2	303.2	144.6	127.8	60.6	37.2	104.1	124.2	128.5	199.2	164.9	2,196.20
1997	167.1	238.2	438.5	185.9	105.5	76.1	50.2	50.7	90.2	56.2	136.8	60.5	1,655.90
1998	28.2	120.2	222.0	257.9	190.5	44.6	19.3	34.1	199.1	140.0	228.2	179.1	1,663.20
1999	409.0	302.0	251.1	251.5	346.9	45.2	31.7	45.2	216.3	68.9	196.6	240.3	2,404.70
2000	99.7	324.4	219.2	337.3	95.5	92.6	92.4	45.7	69.0	100.4	185.2	160.7	1,822.10
2001	222.8	222.1	113.8	192.7	64.9	122.4	108.7	14.2	146.6	114.6	179.4	201.1	1,703.30
2002	140.2	203.0	198.1	245.3	113.0	126.6	101.4	77.0	178.1	101.7	89.7	173.2	1,747.20
2003	122.0	161.5	227.5	177.3	229.0	212.0	17.9	121.0	293.0	59.9	44.0	250.4	1,915.50
2004	116.1	103.9	232.0	273.9	62.7	79.4	186.5	126.9	203.7	132.0	215.7	240.7	1,973.50
2005	81.6	141.1	234.5	203.7	26.0	65.8	5.4	43.8	28.7	213.5	137.4	300.4	1,481.90
2006	133.2	436.9	98.7	250.1	23.7	44.5	29.8	86.0	53.9	161.0	210.0	137.3	1,665.10
2007	49.6	204.4	202.5	112.5	266.8	7.8	16.8	88.3	40.9	172.9	136.0	170.3	1,468.80
2008	403.5	237.5	214.4	227.2	123.3	234.1	75.0	33.4	171.4	177.1	153.8	88.6	2,139.30
2009	434.4	168.2	138.7	295.1	185.4	36.6	27.3	15.2	67.8	170.9	94.2	84.9	1,718.70
2010	75.1	168.8	270.2	234.9	201.9	14.5	64.8	45.8	83.1	75.8	173.1	98.3	1,506.30
2011	204.9	311.8	272.9	165.8	219.4	133.9	33.6	59.1	150.6	260.5	178.1	390.0	2,380.60
2012	137.7	177.8	258.0	109.0	93.5	100.2	74.3	25.2	58.3	157.2	105.7	188.9	1,485.80
2013	234.5	251.0	170.3	95.2	77.3	58.5	65.6	79.3	200.7	191.9	296.2	88.1	1,808.60
2014	180.9	90.8	165.2	246.1	66.8	232.4	34.1	100.1	5.3	233.1	406.9	142.5	1,904.20
2015	109.5	112.1	141.9	277.7	90.1	42.7	94.7	64.6	113.3	140.3	337.2	109.9	1,634.00
2016	78.9	275.5	221.5	132.2	65.2	12.1	42.5	144.9	134.0	163.0	131.2	166.2	1,567.20
2017	633.5	168.3	325.9	61.4	251.9	56.7	30.7	14.2	28.5	192.6	127.8	201.5	2,093.00
2018	131.3	277.7	126.5	248.8	169.3	58.0	132.7	103.4	57.7	251.1	179.1	36.6	1,772.20
2019	329.2	239.8	267.3	208.4	85.5	126.5	32.3	16.8	53.6	128.7	302.5	306.1	2,096.70
2020	243.3	180.7	387.6	0.0	157.1	188.4	0.0	24.8	50.6	132.0	203.5	377.1	1,945.10
2021	119.7	375.7	0.0	125.8	0.0	93.7	32.5	75.6	61.8	80.8	156.5	143.2	1,265.30
Prom. Mensual	171.3	207.3	213.6	184.1	109.6	85.0	55.4	62.6	99.4	144.0	188.1	173.9	1,694.22