UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN TINGO MARÍA, DISTRITO RUPA RUPA-LEONCIO PRADO, PERIODO 1992-2022

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

DAYANA VIOLETA MORENO TAQUIO

Tingo María – Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María- Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 058-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de mayo de 2024, a horas 11:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

"VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN TINGO MARÍA, DISTRITO RUPA RUPA-LEONCIO PRADO, PERIODO 1992-2022"

Presentado por la Bachiller: **DAYANA VIOLETA MORENO TAQUIO,** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **"MUY BUENA".**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA,** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 29 de mayo de 2024

Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
PRESIDENTE

Dr. ROBERTO OBREGÓN PEÑA
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
MIEMBRO

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 177 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN TINGO MARÍA, DISTRITO RUPA RUPA - LEONCIO PRADO, PERIODO 1992-2022	DAYANA VIOLETA MORENO TAQUIO	15 % Quince

Tingo María, 05 de junio de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Dr. Tomas Menacho Malqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN TINGO MARÍA, DISTRITO RUPA RUPA-LEONCIO PRADO, PERIODO 1992-2022

Autor	: Moreno Taquio, Dayana Violeta.
Asesor	: Dr. Manrique de Lara Suarez, Lucio.
Programa de investigación	: Ciencias Básicas.
Línea de investigación	: Climatología.
Eje temático	: Variabilidad espacio temporal de los indicadores meteorológicos.
Lugar de ejecución	: Tingo María.
Duración del trabajo	: 6 meses
Financiamiento	: Propio
Monto	: S/ 3 318,15

FIRMA DEL ASESOR

Tingo María – Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios porque sin Él nada de esto sería posible, todo se lo debo a Él.

A mis padres Egel Moreno Cespedes y Josefina Taquio Simon, por su amor, trabajo, sacrificio y entrega brindado todo este tiempo. Los quiero mucho ellos son los mejores padres que Dios me pudo dar.

A mis hermanos Kevin, Angel, Josue e Ysamar porque son el motivo para seguir esforzándome en mi vida profesional.

Y por último a todas las personas que me han apoyado por cada consejo, muestra de cariño y amabilidad durante esta etapa de mi vida.

"Cristo me da fuerzas para enfrentarme a toda clase de situaciones"
Filipenses 4:13 (TLA)
"Confía en el SEÑOR totalmente, no en tu propia sabiduría"
Proverbios 3:5 (PDT)

AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento es a Dios que hizo posible la culminación de mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, a los docentes por sus enseñanzas y colaboración en este periodo de estudios quienes refirieron sus experiencias y conocimientos profesionales.

Al Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez, asesor del presente trabajo, por su función como formador y la desinteresada asistencia en la presente tesis.

A Don Vicente Huaman Cueva y la Ing. Rosa Huaqui Figueroa por su valioso apoyo en el gabinete de meteorología y climatología, y contribuir en el trabajo de investigación.

A los miembros integrantes del jurado: Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo, Dr. Roberto Obregón Peña, Ing. M.Sc. Juan Pablo Rengifo Trigozo por sus sugerencias, correcciones, tiempo y cortesía.

Agradezco a mis amigos Yessica Mallma, Andrea Castro, Yack Rodas, Ruth Pérez y Vanesa Chavez que formaron parte de este viaje académico, por el apoyo moral y académico que siempre me brindan.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Objetivo general 2
1.2. Objetivos específicos 2
II. REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.1. Marco teórico 3
2.1.1. Variables meteorológicas 3
2.1.2. Datos meteorológicos 4
2.1.3. Variabilidad climática 8
2.2. Marco conceptual 11
2.2.1. Datos climatológicos 11
2.2.2. Clima 11
2.2.3. Variabilidad climática 11
2.2.4. Cambio climático 11
2.2.5. Patrón climático 11
2.2.6. Valores extremos 12
2.3. Estado del arte 12
2.3.1. Internacionales 12
2.3.2. Nacionales 13
2.3.3. Locales 15
III. MATERIALES Y MÉTODOS 16
3.1. Lugar de ejecución 16
3.1.1. Ubicación política 16
3.1.2. Ubicación geográfica 16
3.1.3. Características climáticas 16
3.1.4. Zona de vida 17
3.2. Criterio y análisis de estudio 17
3.2.1. Nivel de investigación 17
3.2.2. Tipo de investigación 17
3.2.3. Método de investigación 17
3.2.4. Diseño de investigación 17
3.2.5. Población y muestra 17
3.2.6. Variables de la investigación 18

3.2.7. Operacionalización de variables 18
3.2.8. Análisis de datos 18
3.3. Materiales y equipos 19
3.3.1. Materiales 19
3.3.1. Equipos 19
3.4. Metodología 19
3.4.1. Determinar la tendencia de la temperatura máxima, media y mínima para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022 19
3.4.2. Determinar la tendencia de las precipitaciones para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022 19
3.4.3. Determinar la tendencia de la humedad relativa para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022 20
3.4.4. Determinar los índices de cambio climático para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022. 20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21
4.1. Determinar la tendencia de la temperatura máxima, media y mínima para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022. 21
4.1.1. Temperatura máxima 21
4.1.2. Temperatura media 24
4.1.3. Temperatura mínima 27
4.2. Determinar la tendencia de las precipitaciones para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022. 30
4.3. Determinar la tendencia de la humedad relativa para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022. 33
4.4. Determinar los índices de cambio climático para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022. 36

V. CONCLUSIONES 48
VI. PROPUESTAS A FUTURO 49
VII. REFERENCIAS 50
ANEXOS 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Página

1. Resultados de significancia de la prueba Mann Kendall 6
2. Listado de índices de cambio climático 7
3. Variables independientes y dependiente de investigación 18
4. Matriz de operacionalización de variables 18
5. Datos y estadística descriptiva de la temperatura máxima promedio, periodo 1992-2022 22
6. Resultado de tendencia de la temperatura máxima con la prueba de Mann Kendall 23
7. Datos y estadística descriptiva de temperatura media promedio, periodo 1992-2022 25
8. Resultado de tendencia de la temperatura media con la prueba Mann Kendall 26
9. Datos y estadística descriptiva de temperatura mínima promedio, periodo 1992-2022 28
10. Resultado de tendencia de la temperatura mínima con la prueba Mann Kendall 29
11. Datos y estadística descriptiva de precipitación total, periodo 1992-2022 31
12. Resultado de tendencia de la precipitación con la prueba de Mann Kendall 32
13. Datos y estadística descriptiva de humedad relativa promedio, periodo 2992-2022 34
14. Resultado de tendencia de la humedad relativa con la prueba Mann Kendall 35
15. Resultados de los índices de cambio climático en el software RClimdex 36
16. Índices de cambio climático calculados en software RClimdex 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Página

1. Ubicación de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez. 16
2. Comportamiento de la temperatura máxima anual, periodo 1992-2022. 23
3. Comportamiento de la temperatura media anual, periodo 1992-2022 26
4. Comportamiento de la temperatura mínima anual, periodo 1992-2022 29
5. Comportamiento de la precipitación total anual, periodo 1992-2022. 32
6. Comportamiento de la humedad relativa anual, periodo 1992-2022. 35
7. Gráfico del índice de cambio climático “noches tropicales (TR20)”. 38
8. Gráfico del índice de cambio climático “temperatura máxima extrema (TXX)”. 39
9. Gráfico del índice de cambio climático “días calurosos (TX90P)”. 40
10. Gráfico del índice de cambio climático “noches calurosas (TN90P)”. 41
11. Gráfico del índice de cambio climático “días fríos (TX10P)”. 42
12. Gráfico del índice de cambio climático “noches frías (TN10P)”. 43
13. Gráfico del índice de cambio climático “días muy húmedos (R95p)”. 44
14. Gráfico del índice de cambio climático “días extremadamente húmedos (R99p)”. 45
15. Gráfico del índice de cambio climático “precipitación total anual (PRCPTOT)”. 46
16. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la temperatura máxima anual. 57
17. Gráfico de la tendencia de la temperatura máxima anual en el software Trend. 57
18. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la temperatura media anual. 58
19. Gráfico de la tendencia de la temperatura media anual en el software Trend. 58
20. Resultados del test de mann kendall en el software Rstudio de la temperatura mínima anual. 59
21. Gráfico de la tendencia de la temperatura mínima anual en el software Trend. 59
22. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la precipitación anual. 60
23. Gráfico de la tendencia de la precipitación anual en el software Trend. 60

24. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la humedad relativa anual. 61
25. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la humedad relativa anual. 61
26. Vista del software RClimdex. 62
27. Índices de cambio climático analizados en el software RClimdex. 62
28. Vista panorámica de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez. 63
29. Medición de las precipitaciones con el pluviómetro. 63
30. Medición de temperatura máxima y mínima con los termómetros. 64
31. Recolección de datos meteorológicos en el gabinete de meteorología y climatología. 64
32. Procesamiento de datos meteorológicos. 65
33. Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez. 65

RESUMEN

Por efectos de la variación del clima, se vienen generando pérdidas en la productividad de los cultivos, riesgos en las infraestructuras y el bienestar de los pobladores de la ciudad de Tingo María. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la variabilidad climática, a partir de la determinación de tendencias de las variables meteorológicas y de los índices de cambio climático. Se utilizaron datos de registros diarios de temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, precipitación y humedad relativa durante el periodo 1992-2022, obtenidos de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez. Se determinaron las tendencias con el análisis de regresión lineal utilizando el software Microsoft Excel y para el análisis de la tendencia se utilizó el test de Mann Kendall con el software Rstudio. Para determinar los índices de cambio climático se utilizó el software RClimdex. Se concluye que la temperatura máxima aumentó 1,398°C (tendencia significativamente creciente), la temperatura media aumentó 1,443°C (tendencia significativamente creciente), la temperatura mínima aumentó 1,449°C (tendencia significativamente creciente), la precipitación disminuyó 120, 375 mm (tendencia significativamente decreciente) y la humedad relativa aumentó 2,445% (tendencia no significativamente creciente). Los índices de cambio climático que resultaron estadísticamente significativos son las noches tropicales (TR20), la temperatura máxima extrema (TXX), los días calurosos (TX90P), las noches calurosas (TN90P) presentaron tendencias positivas; los días fríos (TX10P) y las noches frías (TN10P) presentaron tendencias negativas; las precipitaciones (PRCPTOP) presentaron tendencias negativas. Evidenciándose una variabilidad climática significativa.

Palabras claves: cambio climático, humedad relativa, precipitación, temperatura, tendencia.

ABSTRACT

Due to the effects of climate variation, losses are being generated in the productivity of crops, risks in infrastructure and the well-being of the residents of the city of Tingo María. Therefore, the objective of this research is to evaluate climate variability, based on determining trends in meteorological variables and climate change indices. Data were used from daily records of maximum temperature, average temperature, minimum temperature, precipitation and relative humidity during the period 1992-2022, obtained from the José Abelardo Quiñonez meteorological station. Trends were determined with linear regression analysis using Microsoft Excel software and for trend analysis the Mann Kendall test was used with Rstudio software. To determine the indices of climate change, the RClimdex software was used. It is concluded that the maximum temperature increased 1,398°C (significantly increasing trend), the average temperature increased 1,443°C (significantly increasing trend), the minimum temperature increased 1,449°C (significantly increasing trend), the precipitation decreased 120, 375 mm (significantly decreasing trend) and relative humidity increased 2.445% (non-significantly increasing trend). The climate change indices that were statistically significant are tropical nights (TR20), extreme maximum temperature (TXX), hot days (TX90P), hot nights (TN90P) presented positive trends; cold days (TX10P) and cold nights (TN10P) presented negative trends; Precipitation (PRCPTOP) presented negative trends. Significant climate variability is evident.

Keywords: climate change, relative humidity, precipitation, temperature, trend.

I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática son las fluctuaciones que se producen a corto plazo, pero también puede referirse a cambios que resultan en un patrón climático que se mantiene durante un periodo muy largo (Popoola et al., 2020). La ciudad de Tingo María, conocida como la "ciudad de la Bella Durmiente" está localizada en la región natural Selva Alta, posee una gran biodiversidad, asimismo presenta un clima cálido húmedo. En cuanto a sus suelos estos son profundos y muy fértiles. Por lo tanto, esta zona, se caracteriza por ser un lugar que se dedica a la agricultura, principalmente en el cultivo de cacao, plátano y café. Además, posee una gran diversidad de flora y fauna, lo que genera la creación de nuevos negocios y un progreso en la infraestructura de la localidad influenciada por el turismo, estos factores respaldan a los habitantes de la ciudad en el desarrollo social, económico y ambiental.

La justificación de la investigación se basa en la identificación de cambios en los patrones climáticos para empezar a plantear nuevas estrategias frente a los problemas por efecto de la variabilidad climática en Tingo María. Los agricultores tienen como consecuencias pérdidas en la productividad sus cultivos debido a las variaciones en las temperaturas y las precipitaciones. Al mismo tiempo, los cambios en la humedad relativa afectan tanto a la salud humana como a los ecosistemas locales. Además, la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos, como inundaciones y sequías, parecen estar aumentando, poniendo en riesgo la infraestructura y el bienestar de la comunidad.

Los alcances de esta investigación pueden ayudar a determinar los patrones climáticos de la ciudad de Tingo María. Asimismo, servirá para la provisión de argumentos técnicos que pueden sustentar decisiones administrativas y políticas creando estrategias de adaptación y mitigación frente a la variabilidad climática, y la adaptabilidad de la tecnología aplicada en el análisis de las tendencias de patrones climáticos e índices de cambio climático.

En este contexto, se plantea la siguiente interrogante: ¿Existe una variabilidad climática significativa en Tingo María, distrito Rupa-Rupa, provincia Leoncio Prado durante el periodo 1992-2022? De lo expresado anteriormente se plantea la siguiente hipótesis: Existe una variabilidad climática significativa en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa-Rupa, provincia Leoncio Prado durante el periodo 1992-2022, manifestada a través de tendencias en

los patrones de temperatura, precipitación y humedad relativa, así como en las variaciones de los índices de cambio climático.

1.1. Objetivo general

Evaluar la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la tendencia de la temperatura máxima, media y mínima para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.
- Determinar la tendencia de las precipitaciones para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.
- Determinar la tendencia de la humedad relativa para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.
- Determinar los índices de cambio climático para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Variables meteorológicas

Las variables meteorológicas son aquellas características climáticas especiales y esenciales para un territorio como temperatura, humedad y precipitación, estos parámetros son medidos con instrumentos propios de las estaciones meteorológicas (Leal y Portes, 2020).

2.1.1.1. Temperatura

La temperatura es una magnitud que manifiesta en grados el calor de la atmósfera, en otras palabras, es el estado de frío o caliente de una determinada zona (Leal y Portes, 2020). En climatología, la escala de temperatura se mide en Grados Celsius que se representa con el símbolo °C, cuando su valor es 0 °C se encuentra en licuefacción, y cuando es 100 °C se encuentra en ebullición. Se puede medir con el uso del termómetro, por lo general este contiene mercurio y/o alcohol en su interior, y su volumen se modifica en función de la temperatura presente. Algunos termómetros son: Termómetro de exposición, registra las temperaturas atmosféricas de una zona. Termómetro de máxima, registra las más elevadas temperaturas en un determinado tiempo y área. Termómetro de mínima, registra las más menores temperaturas en un determinado lugar y tiempo (Tapia, 2022).

2.1.1.2. Precipitación

La precipitación se puede describir como las gotas de agua (lluvia) que terminan en el suelo. Es una variable climatológica que es irregular y sujeto a variaciones aleatorias. Existen muchas formas de precipitación tales como agua de lluvia, granizo, nieve, etc. Medir las precipitaciones posibilita la evaluación de cómo se distribuyen en el tiempo y el espacio, y para poder evaluar datos climatológicos (Alvarino y Ocampo, 2016). Mantener un registro de sus datos es de gran importancia debido a sus aplicaciones en la investigación científica, así como para pronosticar y comprender la variabilidad climática, planificar proyectos de energía hidroeléctrica, gestionar la producción agropecuaria y abordar temas de saneamiento ambiental (Bazile et al., 2016; Tapia, 2022).

2.1.1.3. Humedad

La humedad es una parte del agua que se encuentra en estado gaseoso y está presente en la atmósfera (el aire). Se puede expresar de distintas formas tales como razón de mezcla, humedad específica, humedad absoluta y humedad relativa. Pero la más

representativa y utilizada es esta última, también conocida como RH. La humedad relativa es el porcentaje de agua en estado gaseoso disuelto en un volumen de aire relativo al vapor necesario para saturarlo. Su unidad de medida es en porcentaje (%), ahora bien, cuando la humedad relativa representa el 100% se dice que el ambiente presenta condiciones de saturación y cuando está en 0% el ambiente es seco. Se puede medir con el psicrómetro, este se compone de dos termómetros (termómetro seco y húmedo); se calcula la diferencia de temperaturas entre ambos termómetros para determinar la humedad relativa con la utilización de tablas psicométricas (Hernández, 2019; Iturbide y Lopez, 2018).

Es necesario mencionar que el cambio cuántico de diferentes variables climáticas, incluidas la temperatura, precipitación y humedad relativa, no se producen equitativamente en todo el mundo y existen tendencias espaciales y temporales a gran escala en regiones con climas diferentes (Li et al., 2023; Getnet et al., 2023; Yue et al., 2003).

El cambio climático resulta de las alteraciones que se producen en la temperatura y el resto de las variables climáticas. Por ejemplo, cuando aumenta la temperatura del mar se genera un impacto significativo en los patrones climáticos globales, tal es el fenómeno del niño, de igual manera cuando la temperatura atmosférica disminuye por debajo de 0°C, se ocasionan las famosas heladas, los cuales generan impactos negativos a nivel social, económico y ambiental, generándose así un cambio climático (Yue et al., 2003; Met Office, 2018).

2.1.2. Datos meteorológicos

2.1.2.1. Obtención

Los datos meteorológicos son observaciones climáticas que se realizaron en periodos de años anteriores y que se vienen registrando actualmente (CIIFEN, 2022), estos se utilizan para identificar los fenómenos meteorológicos de la atmósfera (Leal y Portes, 2020) cabe mencionar que son empleados con mayor frecuencia para verificar modelos estadísticos, en lugar de contribuir a un mayor conocimiento en los aspectos climatológicos (Blasi et al., 2022).

La obtención de datos se realiza a partir de la utilización de estaciones meteorológicas, estas son un conjunto de instrumentos de medición, que ayudan a analizar las variables climatológicas que determinan el comportamiento climático de un lugar (PCE, 2019). Las observaciones o mediciones meteorológicas se realizan con la finalidad de realizar

predicciones de los fenómenos climáticos, lo que a su vez nos permite obtener pronósticos del clima, temperatura, precipitación, humedad, entre otros (Eraso, 2020).

La información meteorológica recopilada de estaciones en todo el mundo se utiliza generalmente para comprender las características climáticas y sus variaciones en la tierra. Con estos se pueden considerar posibles patrones de comportamiento o probabilidades climáticas para evaluar el cambio climático (Huere, 2018).

2.1.2.2. Importancia

En la agricultura, al evaluar y analizar los datos meteorológicos, se podrán actuar, prevenir y mejorar las prácticas agrícolas. Un ejemplo es el exceso o el descenso de precipitaciones que ocasionan pérdidas económicas a los agricultores (ambos extremos son perjudiciales), las medidas que se deben tomar en cuenta cuando las precipitaciones son excesivas es considerar un cultivo diferente que se adapte a un ambiente hidro mórfico y cuando las precipitaciones son escasas se debe considerar regar (Castorena et al., 2018; Palaguachi, 2018). Al realizar el estudio de los datos meteorológicos se puede estimar y prever las posibles condiciones meteorológicas y climatológicas, con esto poder adaptarse y mitigar los cambios y/o impactos en la sociedad por efectos de la variación del clima (Gashaw et a., 2023;Deb y Sil, 2019).

2.1.2.3. Análisis

2.1.2.3.1. Estimación de tendencia

Análisis de regresión lineal

Es un tratamiento estadístico, el cual se usa con el propósito de determinar la existencia de una relación lineal entre las variables de estudio. Existen dos variables de estudio, estas son una variable llamada “dependiente” (y), y una o más variables “independientes” (x1, ..., x4, ..., xn). Se elabora una ecuación lineal con propósitos anticipativos (Rosales, 2011).

Test de Mann-Kendall

Identificar las tendencias de los datos meteorológicos solo con los gráficos de las series observadas es poco útil, por ende, es necesario conocer si existe una tendencia reveladora (posibles patrones de tendencias) en las variables meteorológicas con la utilización de un método estadístico (Alencar da Silva y Silva, 2017).

Sin duda existen diversos métodos para el análisis de tendencias, sin embargo, La Organización Mundial de Meteorología, conocida por sus siglas OMM y por ser un organismo importante en temas de meteorología y climatología, recomienda emplear el test de Mann Kendall. Este test se utiliza para identificar tendencias en la temperatura, la precipitación, el caudal y otras variables durante un periodo de tiempo, para determinar si una serie de datos evaluados muestra una tendencia creciente, decreciente o ninguna tendencia significativa a lo largo del tiempo (Issaldayeva et al., 2023; Tapia, 2022).

El valor estadístico del test es Z, este se calcula con la siguiente ecuación:

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma \, Si: S > 0 \\ 0 \qquad Si: S = 0 \\ (S+1)/\sigma \, Si: S < 0 \end{cases}$$

Donde: $\sigma = (Var(S))_2^1$

Si Z. es positivo, indica que la tendencia aumenta y si es negativa la tendencia disminuye.

En la Tabla 1 se muestra que, si Z es cero, no existe tendencia, si es igual o mayor que 1,96 existe una tendencia significativa creciente (Tsc), si es menor que 1,96 existe una tendencia no significativa creciente (Tnsc), si es igual o menor que -1,96 existe una tendencia significativa decreciente (Tsd), si es mayor que -1,96 existe una tendencia no significativa decreciente (Tnsd) (Alencar da Silva y Silva, 2017).

Tabla 1. Resultados de significancia de la prueba Mann Kendall

Resultados	Sigla	Valor de Z
Sin tendencia	ST	0
Tendencia significativamente creciente	TSC	≥+1,96
Tendencia no significativamente creciente	TNSC	<+1,96
Tendencia significativamente decreciente	TSD	≤-1,96
Tendencia no significativamente decreciente	TNSD	>-1,96

Fuente: Alencar da Silva y Silva (2017)

2.1.2.3.2. Análisis de índices de cambio climático

El cambio climático se puede medir con herramientas matemáticas (índices) que proveen una base teórica común, con el fin de evidenciar las variabilidades climáticas en cualquier parte del mundo (Bautista et al., 2016; Vázquez, 2010).

Para determinar los índices se utilizan variables meteorológicas, que se miden diariamente (temperatura y precipitación). Previo a la evaluación es necesario realizar un procedimiento estadístico para determinar la veracidad de los datos a analizar (Bautista et al., 2016; Vázquez, 2010; Aguila et al., 2003).

Existen 27 índices para el monitoreo e identificación de los valores en los cambios extremos del clima, presentados por el Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático, conocidos por sus siglas ETCCDI (Duran, 2019; Peterson, 2005). En la Tabla 2 se mencionan 19 de los 27 índices planteados por el ETCCDI.

Tabla 2. Listado de índices de cambio climático

N°	Nombre del índice	Unidad de medida	Conceptualización
1	Días de verano “SU25”	Días	Número de días en el que la TX>25ºC.
2	Noches tropicales “TR20”	Días	Número de días en el que la TN>20°C.
3	Máximo de Temperaturas máximas “TXX”	ºC	Valor máximo de la temperatura diaria máxima.
4	Mínimo de temperaturas máximas “TXN”	ºC	Valor mínimo de la temperatura diaria máxima.
5	Máximo de temperaturas mínimas “TNx”	ºC	Valor máximo de la temperatura diaria mínima.
6	Mínimo de temperaturas mínimas “TNN”	ºC	Valor mínimo de la temperatura diaria mínima.
7	Días fríos “TX10P”	Días	Porcentaje de días con TX menor al percentil 10.
8	Días calurosos “TX90P”	Días	Porcentaje de días con TX mayor al percentil 90.
9	Noches frías “TN10P”	Días	Porcentaje de días con TN menor al percentil 10.

N°	Nombre del índice	Unidad de medida	Conceptualización
10	Noches calurosas “TN90P”	Días	Porcentaje de días con TN mayor al percentil 90.
11	Periodos cálidos “WSDI”	Días	Número de días consecutivos en el que la TX es mayor al percentil 90.
12	Periodos fríos “CSDI”	Días	Número de días consecutivos en el que la TN es menor al percentil 10.
13	Precipitación máxima en 1 día “RX1day”	Mm	Cantidad de lluvia máxima de 1 día.
14	Precipitación máxima en 5 días “RX5day”	Mm	Cantidad de lluvia máxima de 5 días seguidos.
15	Días secos consecutivos “CDD”	Días	Máximo número de días secos consecutivos cuando la RR es menor a 1 mm.
16	Días húmedos consecutivos “CWD”	Días	Número máximo de días húmedos consecutivos cuando la RR es mayor o igual a 1 mm.
17	Días muy húmedos “R95p”	Días	Precipitación anual donde la RR es mayor al percentil 95.
18	Días extremadamente húmedos “R99p”	Días	Precipitación anual donde la RR es mayor al percentil 99.
19	Precipitación total anual en días húmedos “PRCPTOT”	Mm	Precipitación anual en los días húmedos donde la RR es mayor o igual a 1mm.

Nota. TX “Temperatura máxima diaria”, TN “Temperatura mínima diaria”, RR “Precipitación diaria”.
Adaptado de Mendoza y Vázquez (2017)

El software RClimdex, utiliza 27 indicadores, que son de distribución gratuita y compatible con múltiples sistemas, que ofrece una gran capacidad para realizar análisis y gráficos estadísticos. Comprueba la similitud de la serie de datos meteorológicos (Mendoza y Vázquez, 2017).

2.1.3. Variabilidad climática

2.1.3.1. Clima

El clima es uno de los aspectos esenciales del planeta tierra. (Panda y Sahu, 2019). Se mide a través de variables meteorológicas como precipitaciones, humedad relativa, temperatura, presión atmosférica, y otros factores como latitud, altitud, topografía y la

dirección del viento. A pesar de que existen numerosas categorías para clasificar el clima, las más frecuentes son las siguientes: clima seco, tropical, polar, continental y moderado. Cada una de estas categorías principales presenta subdivisiones que amplían la diversidad de tipos de clima en todo el mundo (Leal y Portes, 2020).

Un cambio en el clima modifica las interacciones entre las especies y su relación con el entorno, generándose una disrupción de los servicios y el funcionamiento de los ecosistemas y finalmente afectará negativamente a todos los seres vivos (De los Ríos et al., 2018). Una disminución en la producción agrícola, genera un aumento en la migración de numerosas familias a otros lugares en busca de mejores perspectivas y oportunidades (Blackmore et al., 2021).

2.1.3.2. Variabilidad climática

Es evidente que la variabilidad climática muestra fluctuaciones anuales (Arfasa et al., 2023) y esto ocasiona diversos impactos en la sociedad. Por esta razón, se recurre a la utilización de la metodología de escenarios para prever las variaciones del clima permitiendo una interpretación del comportamiento climático (De la Cruz, 2021). Para poder entender la situación actual de las condiciones climáticas en un área determinada, es necesario analizar variables meteorológicas tales como la precipitación, la temperatura y la humedad relativa, asi estar alertas a las posibles repercusiones en términos sociales y ambientales (Leal y Portes, 2020).

Resulta importante estudiar las variaciones del clima, ya que contribuye a medir las incertidumbres en las proyecciones, evaluar las vulnerabilidades regionales y determinar la influencia de eventos climáticos extremos. Al estudiar la variabilidad climática se podrán elaborar estrategias de mitigación y adaptaciones más efectivas. Estas estrategias pueden proporcionar un plan de implementación que considere el impacto conjunto de las influencias tanto humanas como naturales en la evolución del clima(Aviles et al., 2016; Faghih y Brissette, 2023).

2.1.3.3. Cambio climático

Años atrás, el cambio climático se vinculaba principalmente cuando los gases de efecto invernadero aumentaban en exceso. No obstante, actualmente se dice que existe un cambio climático debido a los valores extremos de la temperatura, lo cual genera cambios en las variables meteorológicas tanto en su magnitud como en su periodo de prolongación (Das

et al., 2021). Se define al cambio climático como la variación del clima durante un largo periodo de tiempo, el aumento excesivo de la temperatura, las alteraciones en las intensidades de las precipitaciones y toda variación climática extrema (Shorabeh et al., 2022).

Entre todos los parámetros climáticos, los índices relacionados con la temperatura de la atmósfera terrestre evidencian la presencia del cambio climático en una determinada área geográfica (Dash et al., 2022).

El cambio climático está generando diversos impactos negativos que varían según la región del mundo (Steensen et al., 2022). Un ejemplo es la modificación irremediablemente en la biosfera, lo que conlleva a la extinción de diversas especies de animales y plantas (Das et al., 2021).

Deb y Sil (2019) en su investigación analizan datos climatológicos de tres décadas para la predicción certera del cambio climático, donde los resultados pueden ser utilizados por todas las partes interesadas y organizaciones gubernamentales, permitiendo una mejor gestión, adaptación, mitigación y políticas relacionadas con el cambio climático.

2.1.3.4. Indicadores

La precipitación, temperatura y humedad relativa son variables que determinan un cambio en clima (Arfasa et al., 2023). Cuando la temperatura se incrementa, las olas de calor también aumentan. Al incrementarse la precipitación pluvial se podrían generar desbordamientos de ríos, lagunas, etc., y con ello inundaciones, deslizamientos, huaycos, así también se ocasionaría la pérdida de cultivos por el ahogamiento de sus raíces, ahora si ocurre todo lo contrario, es decir si disminuyen las precipitaciones se podrían generar casos de sequía, trayendo consecuencias muy serias, como escasez de la imprescindible agua, perdida en la productividad de cultivos, entre otros. Si la temperatura aumenta, también aumenta la evaporación y la formación de nubes, lo cual a su vez contribuye al aumento de las precipitaciones, no obstante, hay lugares donde la precipitación disminuirá generándose asi tiempos de sequía. La Humedad relativa es el responsable en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos agrícolas (Khan et al., 2021; Mendoza y Vázquez, 2017;Fattah et al., 2023).

La variabilidad climática expresa el incremento de temperatura y la disminución progresiva de las precipitaciones.

La variabilidad climática implica cambios en los patrones de precipitación y temperaturas, lo que lleva a una mayor evaporación y cambios en el contenido de la humedad relativa (Fattah et al., 2023).

De acuerdo conBlasi et al. (2022) es recomendable promediar los datos meteorológicos a lo largo de períodos de 20 a 30 años con el propósito de obtener registros climatológicos y prever las consecuencias que ocasionan una variabilidad en el clima (Bermeo y Vásquez, 2022).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Datos climatológicos

Son recolectados de unas estaciones que monitorean las variables meteorológicas en un determinado lugar (Yang et al., 2019).

2.2.2. Clima

Es un conjunto de variables y factores atmosféricos que tienden a variar en un lugar específico durante un tiempo determinado, este puede intervenir en el desarrollo de ese lugar en todos sus aspectos (Leal y Portes, 2020).

2.2.3. Variabilidad climática

Son las fluctuaciones que se producen a corto plazo, pero también puede referirse a cambios que resultan en un patrón climático que se mantiene durante un periodo muy largo (Popoola et al., 2020).

2.2.4. Cambio climático

Es la variación del clima durante un largo periodo de tiempo, el aumento excesivo de la temperatura, las alteraciones en las intensidades de las precipitaciones y toda variación climática extrema (Shorabeh et al., 2022).

2.2.5. Patrón climático

Son las condiciones que predominan durante un largo periodo de tiempo (30 años) y se miden a través de las variables del clima tales como precipitación, humedad relativa, temperatura, etc.; y de eventos climáticos extremos (Santos et al., 2018).

2.2.6. Valores extremos

Son aquellos valores que no se encuentran dentro de un rango ya establecido (Serrano et al., 2012).

2.3. Estado del arte

2.3.1. Internacionales

Haldar y Choudhury (2023) manifestaron en su investigación "Análisis de tendencias de datos meteorológicos a largo plazo de una ciudad metropolitana en crecimiento en la era del cambio climático global" que tuvieron el objetivo de investigar el comportamiento de temperatura y precipitaciones en la ciudad de Guwahati, Assam, India. Utilizaron datos meteorológicos históricos recogidos entre 1970 y 2019, así como el test Mann-Kendall, la pendiente de Sen y la regresión lineal. Con un grado de confiabilidad del 95%, la temperatura mostró una tendencia ascendente durante los periodos anuales y estacionales estudiados. Las precipitaciones anuales estacionales han crecido normalmente con el tiempo, con un descenso significativo de las precipitaciones monzónicas e invernales, pero las precipitaciones han aumentado tanto antes como después de los monzones, sobre todo en los últimos 50 años. Concluyen que las temperaturas mínimas y máximas anuales se han incrementado.

Serrano y Buisán (2018) manifestaron en su investigación "Tendencias recientes en precipitación, temperatura y nieve de alta montaña en los pirineos (Refugio de Góriz, Huesca)" que utilizaron datos meteorológicos diarios de 25 estaciones durante el periodo 1981 hasta 2018. En los resultados no se evidencian tendencias anuales significativas en la precipitación, a pesar de que se observan tendencias mayormente positivas en la temporada fría del año y negativas en el otoño. La temperatura presenta una tendencia ascendente que no alcanza significación estadística, y esta tendencia es muy influenciada por el ciclo estacional. La tendencia no es significativa en invierno, no obstante, en primavera la tendencia es positiva más marcada y estadísticamente significativa. El grosor de la nieve no presenta una tendencia significativa durante la época intermedia del invierno, pero durante el periodo de derretimiento de la nieve, se observa una tendencia negativa que no alcanza una significación estadística, junto con una disminución en el número de días en los que el suelo está cubierto de nieve. Concluyeron que en la zona de estudio hubo un cambio en el clima.

Panda y Sahu (2019) manifestaron en su investigación "Análisis de tendencias de precipitaciones estacionales y patrones de temperatura en los distritos de Kalahandi,

Bolangir y Koraput de Odisha, India “que tuvieron como objetivo evaluar los cambios inducidos por el clima y sugerir estrategias de adaptación factibles. Evaluaron variables meteorológicas (1980-2017) utilizando técnicas de análisis estadísticos como las pruebas Mann Kendall y pendiente de Sen. Las precipitaciones presentan tendencia creciente (pendiente de Sen = 4,034). La temperatura máxima muestra una tendencia de ligero calentamiento o creciente (pendiente de Sen = 0,29), por otro lado, la temperatura mínima presenta una tendencia de enfriamiento (pendiente de Sen = −0,006). Determinaron que la temperatura máxima presentó un grado de confiabilidad de 95%, resultando estadísticamente significativo, en contraste, al analizar la tendencia de la temperatura mínima este no alcanza significación estadística. Recomiendan considerar la variabilidad de las precipitaciones y la variabilidad de la temperatura al planificar estrategias de adaptación al cambio climático.

Aliaga (2021) manifiesta en su investigación “Tendencia y variabilidad climática; Subregiones Pampeanas, Argentina (1960-2010)” que evaluó datos históricos de temperatura, precipitación, humedad y velocidad atmosférica. Por lo general, las precipitaciones y la temperatura atmosférica muestran tendencias positivas, los valores de la humedad relativa están influenciadas por las precipitaciones máximas y de la proximidad al océano. La velocidad promedio atmosférica es variable en esta área. Concluye que la variación climática de cada una de las subregiones de Pampeana facilita la comprensión de restricciones y oportunidades del suelo, ya que gran parte del territorio sustenta importantes ecosistemas y sistemas productivos.

2.3.2. Nacionales

Rascón y Oliva (2020) manifestaron en su investigación “Determinación de las épocas lluviosas y secas en la ciudad de Chachapoyas para el periodo de 2014-2018” que emplearon un análisis de regresión lineal para realizar la completacion de datos incompletos de los datos pluviométricos, obteniendo un ajuste de 98,70%. Utilizaron el proceso de media móvil autorregresivo para llevar a cabo el análisis tendencia. Concluyen que las precipitaciones siguen un patrón marcado por periodos húmedos, que abarcan desde noviembre hasta abril, y periodos de sequía, que comprenden los meses de mayo hasta octubre.

Tapia (2022) manifiesta en su investigación “Tendencia de la precipitación y temperatura debido al cambio climático observados en dos estaciones meteorológicas de la región de Arequipa 1965-2020” que recopiló datos diarios de las variables ya mencionadas y realizó el análisis de series temporales. Concluye que la temperatura mensual aumenta de forma

constante; en la estación de La Pampilla la precipitación mensual aumentó, mientras que, en la estación Pampa Blanca disminuyó. Agregó que el estudio de los datos meteorológicos es fundamental para establecer medidas preventivas frente al cambio climático regional.

Balcázar y Lozano (2019) manifestaron en su investigación "Determinación de la variabilidad climática y cambio climático mediante el análisis de la temperatura y la precipitación en el distrito de Contumazá durante el período 1965 – 2018", que identificaron una notable variación del clima producido anualmente. Aplicaron la prueba Mann-Kendall y se pudo observar una tendencia ascendente, con respecto a la temperatura mínima, esta presentó una variación de 0,012ºC/año y las precipitaciones una variación de 3,6 mm/año. Concluyen que la variabilidad climática se produce por la influencia del fenómeno del "niño".

Tapia (2021) manifiesta en su investigación "Análisis meteorológico y determinación de los índices climáticos del periodo 1999 – 2020 en Tarapoto" que utilizó los índices climáticos para el análisis de la evapotranspiración y la humedad, aplicó la metodología de thornthwaite, el índice continental propuestos por Gorezynski y Currrey, los índices para medir la aridez, según Lang y Martonne, el índice térmico planteado por Rivas Martínez, el índice de erosión utilizando el método de Fournier, el diagrama ombrotérmico planteado por Gaussen, lo utilizó para determinar la clasificación climática de Tarapoto. En sus resultados muestra que las temperaturas y precipitaciones no presentan tendencias significativas, ocurre lo contrario con la humedad relativa pues presentaron tendencias significativas. La evapotranspiración presenta un mayor valor con 1 711,05 mm, registrado en el año 2016. La zona de estudio presenta una predominancia climática seco-subhúmedo. Concluye que tanto la temperatura como la humedad relativa están aumentando, no obstante, las precipitaciones están disminuyendo.

Flores (2021) manifiesta en su investigación "Elementos meteorológicos y sus efectos en la ocurrencia de las olas de calor, en el distrito de Bellavista, región de San Martín, 1995-2016" que realizó el procesamiento, tabulación y ordenamiento de la información meteorológica. Obteniendo como resultado, que las temperaturas máximas presentan una variabilidad significativa, con valores extremos que varían desde 31,7°C hasta 34,4°C en el 2016. Realizó la técnica de regresión lineal, obteniendo como resultado un R2 de 0,4457 (coeficiente de determinación). Concluye que las variables climáticas ejercen una influencia muy significativa en la presencia del calor extremo en la región San Martin.

2.3.3. Locales

Duran (2019) manifiesta en su investigación “Índices de cambio climático y tendencia climática de las variables meteorológicas de las ciudades de Tingo María y Tocache, 2003 – 2017” que realizó un análisis de consistencia de datos meteorológicos (temperatura y precipitación). Empleó el test de Dixon y Grubbs para establecer datos atípicos, la prueba propuesta por Shapiro y Wilk para evaluar la normalidad, y la prueba de homogeneidad propuesto por el matemático Vonn Neumann. Concluye que las tendencias climáticas analizadas muestran una coherencia estadística y determinó una variabilidad climática natural.

Manrique de Lara (2022) manifiesta en su investigación “Comportamiento meteorológico y determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tingo María” que utilizó datos de temperatura, humedad relativa y precipitación, de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez, analizó el índice de humedad y de la evapotranspiración planteados por Thornthwaite, el análisis de mediterraneidad y el índice térmico expuestos por Rivas-Martínez, el índice de continentalidad propuesto por Gorezynski, el índice de aridez analizados por Lang y Martonne, el índice de oceanidad según Kerner, el índice de continentalidad planteado por Currey y el índice de Fournier modificado. Concluye que la temperatura presenta una tendencia ascendente, la humedad relativa aumenta moderadamente y la precipitación presenta una tendencia moderadamente descendente. El área de estudio no es mediterránea, posee un clima hiperhúmedo y es una zona boscosa con una evapotranspiración de1 366,19 mm al año, según el índice de continentalidad posee un clima hiperoceánicos y el tipo termicidad que presentó es cálido.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El estudio se realizó en la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva localizada en la ciudad de Tingo María, en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco (Figura 1).

3.1.2. Ubicación geográfica

La zona de estudio geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 390122 E, 8970701 N, con una altitud promedio 660 m.s.n.m.

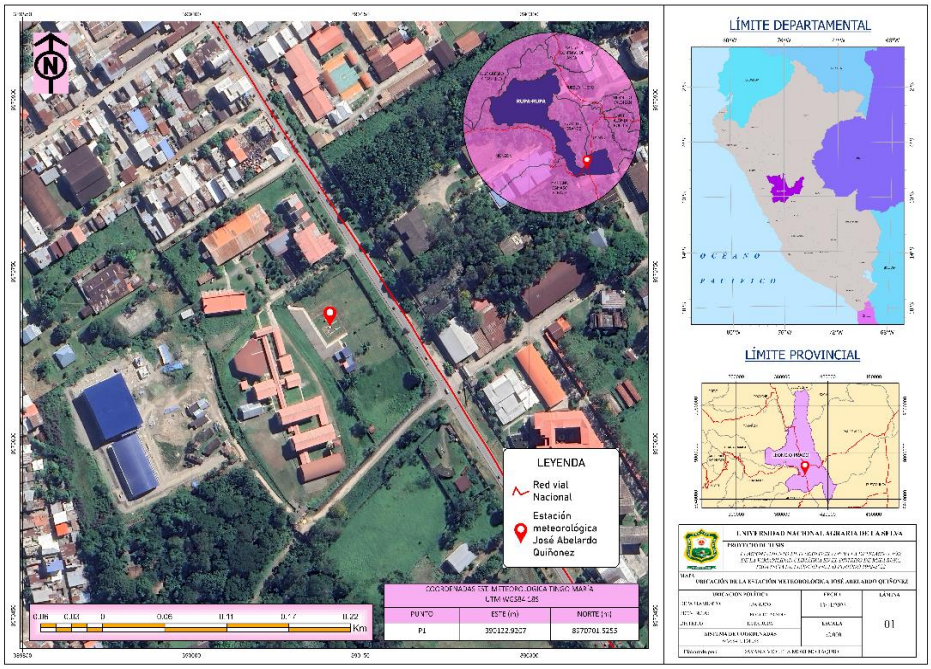

Figura 1. Ubicación de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez.

3.1.3. Características climáticas

El área de estudio presenta un clima cálido húmedo. La temperatura máxima promedio anual es de 30,66°C, la temperatura promedio anual es de 25,57°C y la temperatura mínima promedio anual es de 20,47°C. Las precipitaciones promedio anuales son de 2 775,20 mm y varía en intensidad, duración y frecuencia. La humedad relativa promedio anual es de 81,72% (SENAMHI, 2022).

3.1.4. Zona de vida

El distrito de Rupa-Rupa posee una formación vegetal de Bosque Muy Húmedo – Premontano Tropical (bmh-PT).

3.2. Criterio y análisis de estudio

3.2.1. Nivel de investigación

La investigación es descriptiva-correlacional, dado que se describieron las variables meteorológicas utilizando datos históricos. De acuerdo a lo señalado por Arias (2012) en este nivel de investigación es posible describir tendencias de un grupo de datos, además, sugiere utilizar técnicas estadísticas para poder determinar si existe alguna relación entre las variables meteorológicas (precipitación, temperatura y humedad relativa) y la variabilidad climática.

3.2.2. Tipo de investigación

Es una investigación no experimental con tecnología aplicada, debido a que no hubo intervención directa sobre las variables de estudio y porque se utilizó la ciencia aplicada para el procesamiento y la evaluación de la información con el Software Rstudio y RClimdex. Según Vargas (2009) este tipo de investigación tiene como propósito hacer un uso inmediato del conocimiento disponible.

3.2.3. Método de investigación

Es un método histórico, porque se utilizaron datos de las variables meteorológicas tales como temperatura (máxima, media y mínima), precipitación y humedad relativa, registrados durante el periodo 1992-2022 (30 años), para la evaluación de las tendencias de los datos meteorológicos e índices del cambio climático.

3.2.4. Diseño de investigación

El diseño fue una investigación longitudinal de tendencia, según Hernández (2014) se utiliza para determinar cambios al paso del tiempo en categorías o periodos.

3.2.5. Población y muestra

3.2.5.1. Población

Comprende todos los datos meteorológicos de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez.

3.2.5.2. Muestra

Estuvo constituida por los datos meteorológicos de temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, precipitación y humedad relativa registrados durante el periodo 1992 al 2022 en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado.

3.2.6. Variables de la investigación

Tabla 3. Variables independientes y dependiente de investigación

Variables Independientes	Variable dependiente
Temperatura máxima	Variabilidad climática
Temperatura media	
Temperatura mínima	
Precipitación	
Humedad relativa	

3.2.7. Operacionalización de variables

En la Tabla 4 se muestran las variables evaluadas en la investigación.

Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables

	Variable	Dimensiones	Indicadores	Índices
Variables independientes	Variables meteorológicas	Variables principales	temperatura máxima	°C
			temperatura media	°C
			temperatura mínima	°C
			precipitación	mm
			humedad relativa	%
Variable dependiente	Variabilidad climática	Patrones de variabilidad climática	variación en el clima	tendencias climáticas

3.2.8. Análisis de datos

Se aplicó la estadística descriptiva con la aplicación del análisis estadístico de datos (con el Software Microsoft Excel), el análisis de tendencia (con el Software Microsoft Excel y el Software Rstudio) y el análisis de los índices del cambio climático (con el Software RClimdex).

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales

Datos meteorológicos (periodo 1992-2022), Microsoft Office Word (vers. 2018), Microsoft Office Excel (vers. 2018), Google Earth Pro (vers. 7.1.8), ArcGIS (vers.10.5), software Rstudio (vers. 3.3.3), Software RClimdex (vers. 1.0) y Software Trend (vers. 1).

3.3.1. Equipos

Laptop, cámara fotográfica, memoria USB.

3.4. Metodología

3.4.1. Determinar la tendencia de la temperatura máxima, media y mínima para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022

Se utilizaron registros de datos meteorológicos de las temperaturas máximas, medias y mínimas; se calculó el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Para determinar las tendencias se realizó el análisis de regresión lineal utilizando el software Microsoft Excel y para el análisis de la tendencia se utilizó el test de Mann Kendall con el software Rstudio. Se verificaron los resultados de la tendencia con el software Trend, el periodo de evaluación fueron los años 1992 hasta el 2022.

3.4.2. Determinar la tendencia de las precipitaciones para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022

Se utilizaron registros de datos meteorológicos de las precipitaciones; se calculó el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Para determinar las tendencias se realizó el análisis de regresión lineal utilizando el software Microsoft Excel y para el análisis de la tendencia se utilizó el test de Mann Kendall con el software Rstudio. Se verificaron los resultados de la tendencia con el software Trend, el periodo de evaluación fueron los años 1992 hasta el 2022.

3.4.3. Determinar la tendencia de la humedad relativa para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022

Se utilizaron registros de datos meteorológicos de la humedad relativa; se calculó el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Para determinar las tendencias se realizó el análisis de regresión lineal utilizando el software Microsoft Excel y para el análisis de la tendencia se utilizó el test de Mann Kendall con el software Rstudio. Se verificaron los resultados de la tendencia con el software Trend, el periodo de evaluación fueron los años 1992 hasta el 2022.

3.4.4. Determinar los índices de cambio climático para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.

Para identificar cambios en el comportamiento de los valores extremos del clima (índices de cambio climático), se utilizó el software RClimdex y el registro de datos meteorológicos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación. Se tomaron en cuenta los índices que resultaron estadísticamente significativos en las variables de estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinar la tendencia de la temperatura máxima, media y mínima para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.

4.1.1. Temperatura máxima

En la Tabla 5 se observa que la temperatura máxima promedio durante el periodo 1992-2022 resultó 29,87°C, el valor mínimo promedio mensual se registró en el mes de febrero (28,99°C) y el valor máximo promedio mensual se registró en el mes de septiembre (30,73°C). La temperatura promedio mínimo anual fue 29,19°C en los años 1993, 1994 y 1999; y la temperatura promedio máximo anual fue 30,90°C en el año 2016. La temperatura promedio mínimo mensual se registró el mes de febrero durante el año 2011 (27,40°C) y la temperatura promedio máximo mensual se registró en el mes de septiembre durante el año 2015 (32,40°C).

La varianza promedio durante el periodo 1992-2022 fue 0,26°C, la varianza mínima fue 0,31°C registrada en el mes de abril y la varianza máxima fue 0,95°C registrada en el mes de enero. La desviación estándar promedio fue 0,51°C, la desviación estándar mínima fue 0,55°C registrada en el mes de abril y la desviación estándar máxima fue 0,97°C registrada en el mes de enero. El coeficiente de variación promedio fue 1,71%, el coeficiente de variación mínimo fue 1,85% registrado en el mes de abril y el coeficiente de variación máximo fue 3,30% registrado en el mes de enero (Tabla 5).

Tabla 5. Datos y estadística descriptiva de la temperatura máxima promedio, periodo 1992-2022

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1992	30,10	28,60	29,80	29,70	30,00	29,20	28,40	29,00	29,40	29,50	29,20	28,80	29,31
1993	29,30	28,80	29,00	29,50	29,60	29,50	29,30	29,30	29,50	29,10	28,70	28,70	29,19
1994	28,60	27,70	29,40	29,20	30,10	28,50	28,50	29,70	30,10	30,20	28,90	29,40	29,19
1995	29,30	29,00	28,80	30,10	29,60	29,60	29,40	30,40	30,80	29,80	29,80	29,70	29,69
1996	28,10	28,40	29,00	29,00	29,50	29,40	29,20	29,60	30,40	29,90	29,60	28,90	29,25
1997	27,80	28,40	29,10	29,90	29,40	29,00	29,90	29,40	30,50	30,80	29,60	29,60	29,45
1998	30,40	30,20	30,30	30,40	30,40	29,50	30,00	30,60	30,60	30,60	29,90	29,40	30,19
1999	28,00	28,30	28,10	29,20	28,70	28,40	29,00	29,90	30,20	30,70	30,40	29,40	29,19
2000	28,60	28,20	27,80	28,90	29,70	29,10	28,40	30,10	30,00	30,50	30,60	29,20	29,26
2001	28,30	28,70	28,60	30,30	29,50	29,80	29,40	29,70	30,50	30,70	29,30	30,30	29,59
2002	29,80	28,50	29,30	29,70	29,70	29,20	28,70	30,10	30,10	30,30	29,40	29,30	29,51
2003	29,90	29,40	29,40	29,50	28,40	29,20	29,20	29,40	30,20	31,40	30,40	29,30	29,64
2004	30,10	28,50	30,20	30,20	29,70	28,60	28,50	28,30	29,10	29,90	29,40	29,70	29,35
2005	31,00	30,40	29,20	30,10	30,30	29,90	29,40	30,80	30,40	30,10	31,10	29,40	30,18
2006	29,40	29,10	29,10	30,30	29,60	29,30	30,40	30,30	30,70	30,30	29,60	29,00	29,76
2007	29,30	29,20	29,10	30,00	29,70	30,30	29,60	30,10	30,70	30,10	30,20	30,00	29,86
2008	28,80	28,10	28,30	29,60	29,20	29,10	29,40	30,40	30,20	30,30	30,80	29,20	29,45
2009	29,10	29,10	29,50	29,70	29,90	29,20	29,60	30,40	30,80	31,00	29,90	28,40	29,72
2010	29,40	29,70	30,80	30,40	30,20	30,20	29,80	31,20	31,70	30,80	30,20	29,20	30,30
2011	28,20	27,40	28,80	30,20	29,70	29,60	30,10	30,80	30,40	29,50	30,70	29,10	29,54
2012	29,90	27,80	30,30	30,10	30,70	30,10	29,90	30,80	31,10	30,70	30,90	29,20	30,13
2013	31,20	28,90	29,30	30,80	29,90	29,60	29,50	30,10	31,20	30,40	30,60	30,00	30,13
2014	28,60	29,00	29,50	29,80	30,30	30,10	29,40	30,40	31,10	30,40	30,20	29,60	29,87
2015	29,60	28,70	30,40	30,10	29,90	30,20	30,00	31,10	32,40	30,70	31,30	30,30	30,39
2016	31,70	30,40	30,50	31,20	30,70	29,70	30,80	31,30	31,00	31,20	32,10	30,20	30,90
2017	28,90	29,70	29,70	30,90	31,00	30,60	30,30	31,50	31,10	31,50	30,20	30,30	30,48
2018	30,10	29,80	29,60	29,90	30,60	29,40	30,40	30,70	32,30	30,50	29,60	30,30	30,27
2019	29,90	29,60	30,20	30,50	31,00	30,80	30,30	31,20	31,40	30,40	31,10	29,80	30,52
2020	28,70	29,21	30,21	30,66	31,05	30,72	30,30	31,38	31,19	31,49	31,94	28,78	30,47
2021	30,20	30,75	30,17	30,40	30,44	29,91	30,32	30,87	31,68	31,95	30,41	30,75	30,65
2022	30,53	29,13	29,62	30,65	30,07	29,76	31,16	30,58	31,99	31,93	31,74	30,06	30,60
Promedio	29,45	28,99	29,45	30,03	29,95	29,60	29,63	30,30	30,73	30,54	30,25	29,53	29,87
Máximo	31,70	30,75	30,80	31,20	31,05	30,80	31,16	31,50	32,40	31,95	32,10	30,75	30,90
Mínimo	27,80	27,40	27,80	28,90	28,40	28,40	28,40	28,30	29,10	29,10	28,70	28,40	29,19
Varianza	0,95	0,66	0,54	0,31	0,39	0,37	0,50	0,57	0,62	0,46	0,74	0,32	0,26
Desviación estándar	0,97	0,81	0,73	0,55	0,62	0,61	0,71	0,76	0,79	0,68	0,86	0,57	0,51
Coeficiente de variación (%)	3,30 %	2,81 %	2,48 %	1,85 %	2,08 %	2,05 %	2,39 %	2,49 %	2,56 %	2,21 %	2,84 %	1,93 %	1,71 %

En la Figura 2 se observa el comportamiento de la temperatura máxima anual y la línea de tendencia. Al realizar la regresión lineal a la serie de datos de 1992-2022, se observa una tendencia positiva, con un incremento de 0,0466°C de temperatura por cada año.

Igualmente, en función a la ecuación de la tendencia (y=0,0466x-63,646), la temperatura máxima en 30 años se ha incrementado en 1,398°C, a razón de 0,466°C por década.

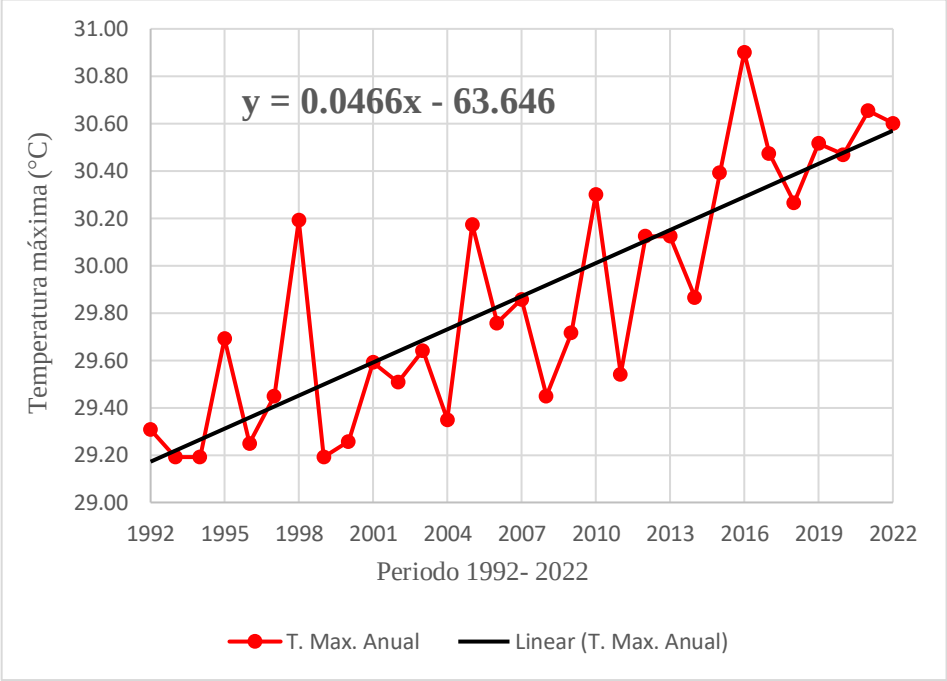

Figura 2. Comportamiento de la temperatura máxima anual, periodo 1992-2022.

Según el análisis de la prueba de Mann Kendall se determinó que la temperatura máxima anual presentó una tendencia significativamente creciente (TSC), porque el valor de Z resultó 5,1882, el nivel de significación estadística (α) fue 0,05 y el número total de datos evaluados (n) fueron 31, que corresponden a los años de 1992 hasta el 2022 (Tabla 6).

Tabla 6. Resultado de tendencia de la temperatura máxima con la prueba de Mann Kendall

Resultado	Valor
Z	5,1882
α	0,05
N	31

La temperatura máxima se ha incrementado 1,398°C desde el año 1992 hasta el año 2022, esto guarda relación con lo señalado por Manrique de Lara (2022) que mencionó que la temperatura máxima durante los años 1990 y 2020 en el distrito Rupa Rupa, aumentaron 0,88ºC, presentando así una tendencia creciente. Los resultados obtenidos son similares al periodo de 1990-2020, la diferencia encontrada se puede deber a que algunos años variaron (son diferentes periodos).

En esta investigación la temperatura máxima cada año aumentó 0,0466 °C. También Duran (2019) mencionó que la temperatura máxima cada año aumentó 0,0635 °C, en su estudio realizado durante el periodo 2003-2017.

Ahora bien, según Arfasa y Doke (2023) las variaciones de los valores de la temperatura denotan un cambio climático. Así mismo Gashaw y Teferi (2023) mencionaron que se necesitan evaluar datos de temperatura para comprender las tendencias y la variabilidad del clima.

4.1.2. Temperatura media

En la Tabla 7 se observa que la temperatura media promedio durante el periodo 1992-2022 resultó 25°C, el valor mínimo promedio mensual se registró en el mes de julio (24,36°C) y el valor máximo promedio mensual se registró en el mes de noviembre (25,45°C). La temperatura promedio mínimo anual fue 24,18°C en el año 1994 y la temperatura promedio máximo anual fue 25,70°C en el año 2020. La temperatura promedio mínimo mensual se registró en el mes de julio durante el año 1992 (23°C) y la temperatura promedio máximo mensual se registró en el mes de noviembre durante el año 2016 (26,60°C).

La varianza promedio fue 0,23°C, la varianza promedio mínima fue 0,24°C registrada en los meses de abril y diciembre, y la varianza promedio máxima fue 0,56°C registrada en el mes de enero. La desviación estándar promedio fue 0,48°C, la desviación estándar mínima 0,49°C registrada en los meses de abril y diciembre, y la desviación estándar máxima 0,75°C registrada en el mes de enero. El coeficiente de variación promedio fue 1,91%, el coeficiente de variación mínimo fue 1,93% registrado en el mes de abril y el coeficiente de variación máximo fue 2,99% registrado en el mes de febrero (Tabla 7).

Tabla 7. Datos y estadística descriptiva de temperatura media promedio, periodo 1992-2022

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1992	25,10	24,10	24,90	24,80	25,00	24,10	23,00	23,50	24,20	24,20	24,30	24,20	24,28
1993	24,30	24,20	24,20	24,60	24,60	24,10	23,90	23,70	24,20	24,30	24,30	24,40	24,23
1994	24,20	23,90	24,60	24,70	24,50	23,20	23,20	23,60	24,40	24,80	24,20	24,90	24,18
1995	24,70	24,50	24,40	25,20	24,50	24,40	24,10	24,80	25,00	24,90	25,20	25,00	24,73
1996	24,20	24,30	24,80	24,50	24,60	24,10	23,30	24,00	24,20	24,20	24,20	24,00	24,20
1997	23,50	23,90	24,50	25,00	24,50	24,10	24,20	24,10	25,10	25,70	25,20	25,30	24,59
1998	25,90	25,80	25,80	25,10	25,10	24,20	24,20	24,70	24,60	24,90	24,70	24,20	24,93
1999	23,50	23,80	23,60	24,10	23,90	23,50	23,80	24,40	25,00	25,20	25,30	24,60	24,23
2000	24,10	23,80	24,00	24,70	25,00	24,40	23,70	24,70	25,10	25,20	25,80	24,50	24,58
2001	24,10	24,30	24,40	25,40	25,00	24,50	24,50	24,30	25,10	25,70	24,90	25,50	24,81
2002	25,00	24,40	24,90	25,40	25,30	24,40	24,10	24,70	24,90	25,10	24,70	25,00	24,83
2003	25,30	24,90	24,70	24,80	24,00	24,10	23,90	24,50	24,90	26,20	25,70	25,10	24,84
2004	25,60	24,40	25,70	25,50	25,00	24,00	23,90	23,30	24,10	25,10	25,10	25,40	24,76
2005	25,90	25,90	25,10	25,60	25,60	24,90	24,20	25,10	25,10	25,10	25,80	25,00	25,28
2006	25,00	25,00	24,90	25,40	24,60	24,60	24,60	25,10	25,30	25,60	25,10	25,00	25,02
2007	25,30	25,10	24,90	25,40	25,30	25,10	24,60	24,80	25,00	25,10	25,60	25,40	25,13
2008	24,80	24,30	24,30	25,20	24,70	24,40	24,30	25,30	24,90	25,20	26,00	24,90	24,86
2009	24,80	24,80	25,00	25,20	25,20	24,50	24,70	25,30	25,60	25,90	25,40	24,70	25,09
2010	25,30	25,40	26,10	25,90	25,60	25,30	24,70	25,30	25,80	25,50	25,60	24,80	25,44
2011	24,30	23,70	24,60	25,30	25,10	24,80	24,80	25,10	25,00	25,00	25,90	25,00	24,88
2012	25,40	24,10	25,30	25,40	25,50	24,90	24,40	25,10	25,20	25,60	26,10	24,90	25,16
2013	26,00	24,80	25,20	25,70	25,30	24,80	24,30	24,90	25,60	25,50	25,80	25,00	25,24
2014	24,60	25,00	25,20	25,50	25,70	25,30	24,50	24,70	25,50	25,40	25,70	25,20	25,19
2015	25,20	24,80	25,60	25,30	25,20	25,10	24,80	25,40	26,20	26,10	26,30	25,70	25,48
2016	26,60	26,00	25,70	26,10	25,60	24,70	24,40	25,50	25,30	25,70	26,60	25,50	25,64
2017	24,70	26,30	25,20	26,00	26,10	25,70	24,90	25,60	26,00	26,20	25,60	25,70	25,67
2018	25,40	25,60	25,30	25,40	25,60	24,60	24,90	25,10	26,10	25,70	25,40	25,80	25,41
2019	25,40	25,30	25,60	25,80	25,90	25,60	25,20	25,30	25,90	25,60	26,20	25,50	25,61
2020	24,89	25,51	25,82	26,13	26,06	25,66	25,38	25,78	25,70	25,98	26,55	24,93	25,70
2021	25,49	25,93	25,37	25,60	25,40	25,10	24,90	25,20	25,92	26,42	25,76	25,99	25,59
2022	26,13	24,85	25,19	25,86	25,36	24,40	25,77	25,04	26,23	26,59	26,07	25,34	25,57
Promedio	24,99	24,80	25,00	25,31	25,12	24,60	24,36	24,77	25,20	25,41	25,45	25,05	25,00
Máximo	26,60	26,30	26,10	26,13	26,10	25,70	25,77	25,78	26,23	26,59	26,60	25,99	25,70
Mínimo	23,50	23,70	23,60	24,10	23,90	23,20	23,00	23,30	24,10	24,20	24,20	24,00	24,18
Varianza	0,56	0,55	0,34	0,24	0,30	0,35	0,38	0,41	0,37	0,36	0,45	0,24	0,23
Desviación estándar	0,75	0,74	0,58	0,49	0,55	0,59	0,61	0,64	0,61	0,60	0,67	0,49	0,48
Coeficiente de variación (%)	2,98 %	2,99 %	2,34 %	1,93 %	2,19 %	2,40 %	2,52 %	2,59 %	2,43 %	2,37 %	2,62 %	1,94 %	1,91 %

En la Figura 3 se observa el comportamiento de la temperatura media anual y la línea de tendencia. Al realizar la regresión lineal a la serie de datos de 1992-2022, se observa una tendencia positiva, con un incremento de 0,0481°C de temperatura por cada año.

Igualmente, en función a la ecuación de la tendencia (y=0,0481x-71,472), la temperatura media en 30 años se ha incrementado en 1,443°C, a razón de 0,481°C por década.

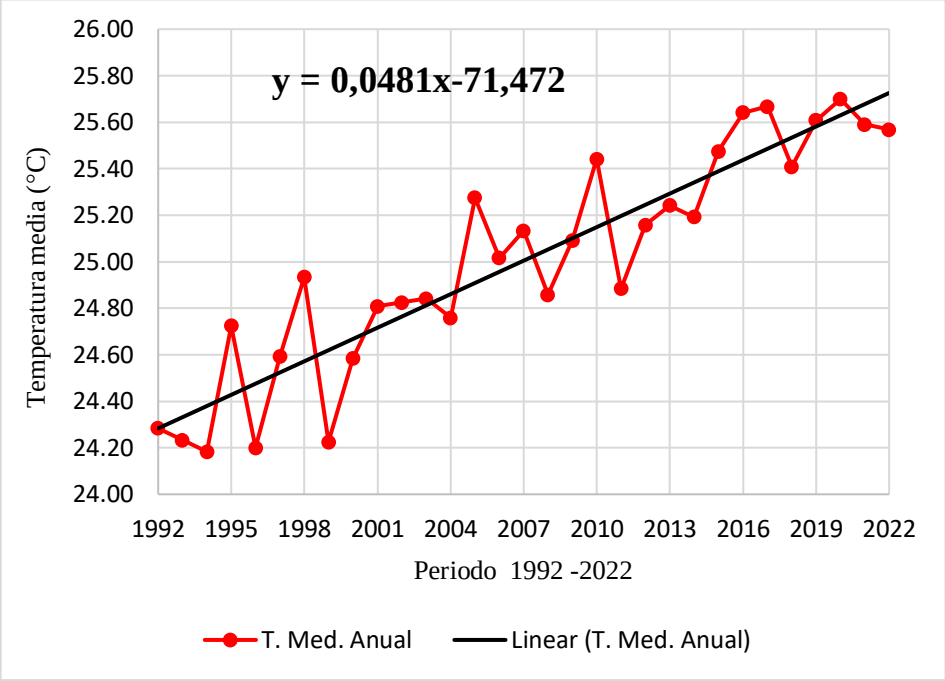

Figura 3. Comportamiento de la temperatura media anual, periodo 1992-2022.

Según el análisis de la prueba de Mann Kendall se determinó que la temperatura media anual presentó una tendencia significativamente creciente (TSC), porque el valor de Z resultó 5,9148, el nivel de significación estadística (α) fue 0,05 y el número total de datos evaluados (n) fueron 31, que corresponden a los años desde 1992 hasta el 2022 (Tabla 8).

Tabla 8. Resultado de tendencia de la temperatura media con la prueba Mann Kendall

Resultado	Valor
Z	5,9148
α	0,05
N	31

La temperatura media se ha incrementado 1,443 °C desde 1992 hasta 2022, esto guarda relación con lo señalado por Manrique de Lara (2022) que mencionó que la temperatura media durante los años 1990 y 2020 en el distrito Rupa Rupa, aumentó 0,92 ºC, presentando así una tendencia creciente. Los resultados obtenidos son similares al periodo de 1990-2020, la diferencia encontrada se puede deber a que algunos años variaron (son diferentes periodos).

A nivel global se ha descubierto que se han producido varios períodos de distintas fluctuaciones de temperatura en una escala de tiempo centenaria, con una serie de eventos climáticos abruptos (Li y Chen, 2023). Según Getnet y Aval (2023) la temperatura media anual en el hemisferio sur desde los años 1980 hasta el 2019 se muestran tendencias significativamente crecientes con aumentos acumulativos de 0,828 °C y 0,874 °C. Ahora bien, según Li y Chen (2023) el conocimiento de las variaciones de temperatura durante el periodo pasado reciente puede mejorar nuestra comprensión del cambio climático. Contrasta con lo mencionado por Aviles y Bazalar (2016) sobre el aumento de la temperatura a nivel mundial durante el período 1990–2100 que variaría desde los 1,4 hasta los 4,0 °C.

4.1.3. Temperatura mínima

En la Tabla 9 se observa que la temperatura mínima promedio durante el periodo 1992-2022 resultó 20,19°C, el valor mínimo promedio mensual se registró en el mes de julio (19,18°C) y el valor máximo promedio mensual se registró en el mes de diciembre (20,81 °C). La temperatura promedio mínima anual fue 19,19 °C en el año 1996 y la temperatura promedio máxima anual fue 20,93 °C en el año 2020. La temperatura promedio mínimo mensual se registró en el mes de julio durante el año 1996 (17,40°C) y la temperatura promedio máximo mensual se registró en el mes de diciembre durante el año 2012 (26,70 °C).

La varianza promedio fue 0,25 °C, la varianza mínima fue 0,31°C registradas en los meses de marzo y abril, y la varianza máxima fue 1,54°C registrada en el mes de diciembre. La desviación estándar promedio fue 0,50°C, la desviación estándar mínima fue 0,55°C registrada en el mes de abril y la desviación estándar máxima fue 1,24°C registrada en el mes de diciembre. El coeficiente de variación promedio fue 2,48%, el coeficiente de variación mínimo fue 2,68% registrado en el mes de abril y el coeficiente de variación máximo fue 5,97% registrado en el mes de diciembre (Tabla 9).

Tabla 9. Datos y estadística descriptiva de temperatura mínima promedio, periodo 1992-2022

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1992	20,20	19,70	20,10	20,00	20,10	19,10	17,60	18,10	18,00	19,00	19,40	19,70	19,25
1993	19,40	19,60	19,50	19,70	19,70	18,70	18,50	18,20	19,00	19,60	20,00	20,20	19,34
1994	19,90	20,10	19,80	20,30	19,00	18,00	17,90	17,60	18,80	19,50	19,60	20,40	19,24
1995	20,10	20,00	20,00	20,40	19,40	19,30	18,90	19,20	19,30	20,10	20,60	20,30	19,80
1996	20,30	20,30	20,60	20,00	19,70	18,90	17,40	18,50	18,00	18,50	18,90	19,20	19,19
1997	19,30	19,50	20,00	20,20	19,70	19,30	18,60	18,90	19,80	20,60	20,90	21,00	19,82
1998	21,40	21,40	21,30	19,80	19,80	19,00	18,40	18,90	18,60	19,30	19,50	19,10	19,71
1999	19,00	19,30	19,20	19,00	19,20	18,60	18,60	19,00	19,90	19,80	20,20	19,90	19,31
2000	19,60	19,50	20,20	20,50	20,40	19,70	19,00	19,30	20,20	20,00	21,10	19,80	19,94
2001	20,00	20,00	20,30	20,50	20,60	19,30	19,60	18,90	19,80	20,80	20,60	20,80	20,10
2002	20,30	20,40	20,50	21,10	21,00	19,70	19,60	19,30	19,70	20,00	20,10	20,70	20,20
2003	20,80	20,50	20,00	20,10	19,70	19,10	18,70	19,60	19,70	21,10	21,00	21,00	20,11
2004	21,10	20,30	21,30	20,90	20,40	19,40	19,40	18,30	19,10	20,30	20,90	21,20	20,22
2005	20,90	21,40	21,10	21,10	21,00	19,90	19,00	19,50	19,90	20,20	20,60	20,70	20,44
2006	20,70	20,90	20,70	20,60	19,70	19,90	18,90	20,00	20,00	21,00	20,70	21,00	20,34
2007	21,30	21,10	20,80	20,90	20,90	20,00	19,70	19,50	19,40	20,20	21,10	20,80	20,48
2008	20,90	20,60	20,40	20,90	20,20	19,70	19,30	20,30	19,70	20,20	21,20	20,70	20,34
2009	20,60	20,60	20,60	20,70	20,50	19,90	19,90	20,20	20,40	20,90	21,00	21,00	20,53
2010	21,20	21,20	21,40	21,30	21,10	20,40	19,70	19,60	20,00	20,30	20,60	20,50	20,61
2011	20,50	20,00	20,40	20,40	20,50	20,10	19,70	19,50	19,70	20,60	21,20	20,90	20,29
2012	20,90	20,40	20,40	20,70	20,30	19,80	18,90	19,30	19,40	20,60	21,20	26,70	20,72
2013	21,10	20,70	21,20	20,60	20,70	20,10	19,20	19,80	20,10	20,70	21,00	20,00	20,43
2014	20,80	21,00	20,90	21,20	21,20	20,60	19,70	19,10	20,00	20,40	21,20	20,90	20,58
2015	20,80	20,90	21,00	20,50	20,60	20,10	19,70	19,80	20,10	20,60	21,30	21,10	20,54
2016	21,50	21,50	21,20	21,00	20,60	19,70	19,00	19,70	19,70	20,30	21,10	20,80	20,51
2017	20,50	21,00	20,80	21,20	21,20	20,80	19,60	19,80	20,90	20,90	21,10	21,10	20,74
2018	20,60	21,30	20,80	20,60	20,70	19,70	19,50	19,00	20,00	21,00	21,30	21,40	20,49
2019	21,00	21,00	21,00	21,20	20,90	20,40	20,20	19,30	20,50	20,80	21,30	21,30	20,74
2020	21,07	21,81	21,44	21,61	21,06	20,61	20,45	20,17	20,22	20,47	21,15	21,08	20,93
2021	20,78	21,11	20,56	20,88	20,41	20,20	19,47	19,53	20,16	20,88	21,12	21,23	20,53
2022	20,91	20,57	20,76	21,08	20,65	19,03	20,38	19,49	20,46	21,25	20,40	20,62	20,47
Promedio	20,56	20,57	20,59	20,61	20,35	19,65	19,18	19,27	19,69	20,32	20,69	20,81	20,19
Máximo	21,50	21,81	21,44	21,61	21,20	20,80	20,45	20,30	20,90	21,25	21,30	26,70	20,93
Mínimo	19,00	19,30	19,20	19,00	19,00	18,00	17,40	17,60	18,00	18,50	18,90	19,10	19,19
Varianza	0,39	0,44	0,31	0,31	0,37	0,42	0,55	0,41	0,45	0,41	0,41	1,54	0,25
Desviación estándar	0,63	0,66	0,56	0,55	0,61	0,65	0,74	0,64	0,67	0,64	0,64	1,24	0,50
Coeficiente de variación (%)	3,05 %	3,21 %	2,72 %	2,68 %	2,99 %	3,31 %	3,85 %	3,31 %	3,42 %	3,14 %	3,09 %	5,97 %	2,48 %

En la Figura 4 se observa el comportamiento de la temperatura mínima anual y la línea de tendencia. Al realizar la regresión lineal a la serie de datos de 1992-2022, se observa una tendencia positiva, con un incremento de 0,0483°C de temperatura por cada año.

Igualmente, en función a la ecuación de la tendencia (y=0,0483x-76,796), la temperatura mínima en 30 años se ha incrementado en 1,449°C, a razón de 0,483°C por década.

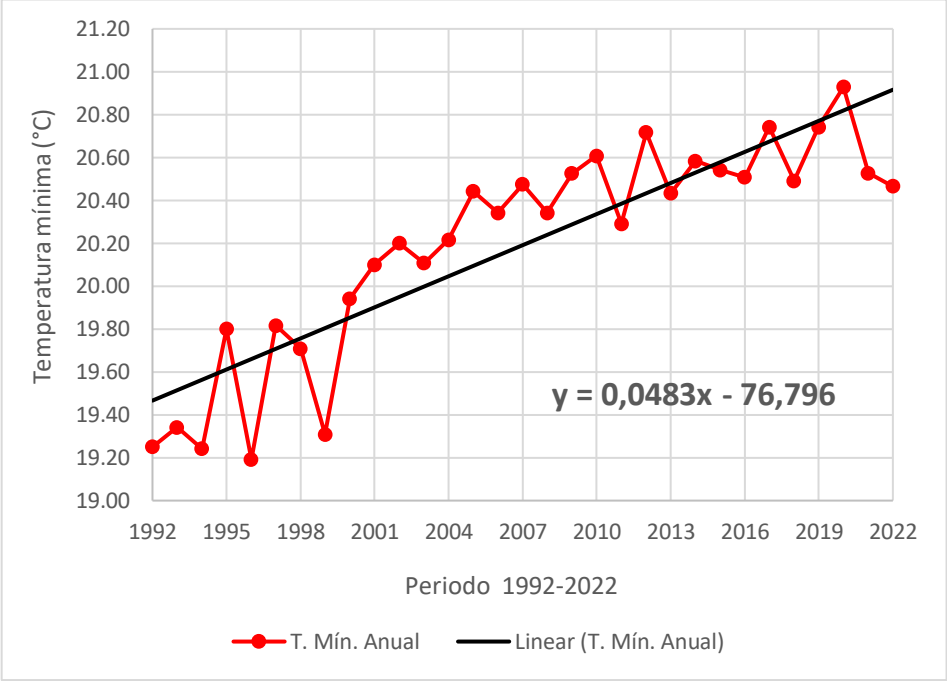

Figura 4. Comportamiento de la temperatura mínima anual, periodo 1992-2022.

Según el análisis de la prueba Mann Kendall se determinó que la temperatura mínima anual presentó una tendencia significativamente creciente (TSC), porque el valor de Z resultó 5,7294, el nivel de significación estadística (α) fue 0,05 y el número total de datos evaluados (n) fueron 31, que corresponden a los años desde 1992 hasta el 2022 (Tabla 10).

Tabla 10. Resultado de tendencia de la temperatura mínima con la prueba Mann Kendall

Resultado	Valor
Z	5,7294
α	0,05
n	31

La temperatura mínima se ha incrementado 1,449°C desde el año 1992 hasta el año 2022, esto guarda relación con lo señalado por Manrique de Lara (2022) que mencionó que en el periodo 1990-2020 la temperatura mínima en el distrito Rupa Rupa, aumentó en 0,93ºC, presentando así una tendencia positiva o creciente. Los resultados obtenidos son similares al periodo de 1990-2020, la diferencia encontrada se puede deber a que algunos años variaron (son diferentes periodos).

También Getnet y Aval (2023) indican un aumento mundial en las temperaturas, por ello, estas presentan tendencias crecientes. Dash y Panda (2022) indican que, entre todos los parámetros climáticos, los índices climáticos relacionados con la temperatura de la atmósfera terrestre evidencian la presencia del cambio climático en una determinada área geográfica.

4.2. Determinar la tendencia de las precipitaciones para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.

En la Tabla 11 se observa que la precipitación acumulada promedio durante el periodo 1992-2022 resultó 3 435,89 mm, el valor mínimo promedio mensual se registró en el mes de agosto (121,30 mm) y el valor máximo promedio mensual se registró en el mes de diciembre (454,75 mm). La precipitación acumulada mínima anual fue 2 899,40 mm en el año 2005 y la precipitación acumulada máxima anual fue 4 181,60 mm en el año 1992. La precipitación mínima promedio mensual se registró en el mes de junio durante el año 2007 (13,10 mm) y la precipitación máxima promedio mensual se registró en el mes de diciembre en el año 1994 (815,20 mm).

La varianza acumulada fue 107 425,49 mm. La varianza promedio mínima fue 4 004,94 mm en el mes de junio y la varianza promedio máxima fue 23 820,70 mm en el mes de diciembre. La desviación estándar acumulada fue 327,76 mm. La desviación estándar promedio mínima 63,28 mm en junio y la desviación estándar promedio máxima fue 154,34 mm en el mes de diciembre. El coeficiente de variación acumulado fue 9,54%. El coeficiente de variación promedio mínimo fue 23,10% en el mes de marzo y el coeficiente de variación promedio máximo fue 79,10% en el mes de agosto (Tabla 11).

Tabla 11. Datos y estadística descriptiva de precipitación total, periodo 1992-2022

Años	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1992	397,50	340,20	303,10	236,30	71,10	347,60	301,10	461,30	406,90	523,60	4 181,60
1993	298,20	266,30	241,10	79,60	202,60	219,70	346,10	235,60	520,00	562,70	3 693,90
1994	250,50	299,50	161,10	67,40	164,10	54,30	235,90	302,90	281,20	815,20	3 798,80
1995	533,40	166,70	136,30	72,90	153,00	72,60	148,10	390,60	308,40	488,20	3 167,70
1996	261,30	438,00	267,70	152,60	45,70	124,10	219,30	266,80	277,30	178,30	3 248,90
1997	295,50	218,80	310,30	173,20	152,20	91,20	240,60	207,70	359,20	741,80	3 433,90
1998	502,70	450,80	297,90	156,90	59,10	95,20	102,70	220,80	416,60	282,30	3 233,80
1999	544,40	217,30	324,40	184,70	196,80	67,60	108,30	73,80	358,00	353,60	3 463,90
2000	544,40	217,30	324,40	184,70	190,80	61,60	171,40	171,30	185,90	367,50	3 474,30
2001	593,90	175,90	217,70	128,90	186,40	41,60	180,20	202,20	455,30	301,20	3 238,70
2002	405,90	306,90	413,50	149,40	190,10	145,00	137,30	262,40	500,00	483,60	3 888,40
2003	343,30	305,40	328,80	228,60	100,20	248,90	216,80	270,50	329,80	592,40	3 665,20
2004	420,00	180,60	137,00	86,90	237,00	73,60	196,80	303,30	466,10	339,70	3 043,50
2005	545,70	118,40	142,70	190,00	56,20	81,60	204,90	259,70	208,70	553,40	2 899,40
2006	432,90	277,70	100,80	123,50	71,10	118,30	205,20	389,60	488,90	600,70	3 629,00
2007	437,60	305,30	191,90	13,10	168,60	95,50	119,80	274,60	278,40	484,00	3 172,40
2008	352,90	200,20	116,00	106,00	228,20	54,20	166,30	339,70	138,70	373,10	3 041,20
2009	307,10	301,90	340,60	169,50	184,00	150,00	177,60	111,80	406,90	522,80	3 567,80
2010	399,90	265,80	193,40	107,50	118,70	54,10	95,40	193,30	476,80	279,10	3 082,00
2011	555,80	376,30	198,80	127,30	110,20	66,60	278,80	169,10	377,90	311,20	3 583,00
2012	463,20	357,10	79,80	150,20	49,40	35,60	91,10	378,30	276,30	442,10	3 144,90
2013	405,70	423,60	205,10	173,20	103,40	448,70	191,00	496,30	286,50	293,20	3 936,80
2014	417,10	229,60	206,20	180,60	48,30	46,90	256,50	500,70	413,70	478,60	3 415,60
2015	302,60	280,60	296,20	127,10	173,10	50,80	43,50	147,90	230,30	404,90	3 056,70
2016	373,30	151,10	215,20	172,70	104,70	77,70	115,80	165,10	340,30	421,60	3 019,70
2017	432,70	204,20	326,10	158,60	26,90	142,50	221,00	341,30	688,20	349,90	3 758,20
2018	485,00	224,80	181,20	182,60	62,40	214,60	80,40	485,50	494,10	454,40	3 575,30
2019	500,90	212,00	214,20	128,20	230,60	64,50	122,80	312,60	365,80	690,30	3 548,60
2020	351,60	294,80	219,70	367,50	262,20	29,20	132,20	129,60	290,90	700,00	3 679,40
2021	588,40	266,80	231,30	197,60	175,70	222,30	102,30	339,10	677,20	480,80	3 825,70
2022	384,50	281,10	270,00	105,00	134,50	164,10	162,70	218,80	231,40	227,10	3 044,30
Promedio	423,48	269,52	232,02	151,04	137,33	121,30	173,29	278,14	372,12	454,75	3 435,89
Máximo	593,90	450,80	413,50	367,50	262,20	448,70	346,10	500,70	688,20	815,20	4 181,60
Mínimo	250,50	118,40	79,80	13,10	26,90	29,20	43,50	73,80	138,70	178,30	2 899,40
Varianza	9 566,57	6 802,25	6 554,44	4 004,94	4 448,22	9 206,37	4 899,42	13 152,30	16 826,38	23 820,70	107 425,49
Desviación estándar	97,81	82,48	80,96	63,28	66,69	95,95	70,00	114,68	129,72	154,34	327,76
Coeficiente de variación (%)	23,10 %	30,60 %	34,89 %	41,90 %	48,56 %	79,10 %	40,39 %	41,23 %	34,86 %	33,94 %	9,54 %

En la Figura 5 se observa el comportamiento de la precipitación anual y la línea de tendencia. Al realizar la regresión lineal a la serie de datos de 1992-2022, se observa una tendencia negativa, con una disminución de 4,0125 mm por cada año. Igualmente, en función

a la ecuación de la tendencia (y=-4,0125x+1 1489), la precipitación total en 30 años ha disminuido en 120,375 mm, a razón de 40,125 mm por década.

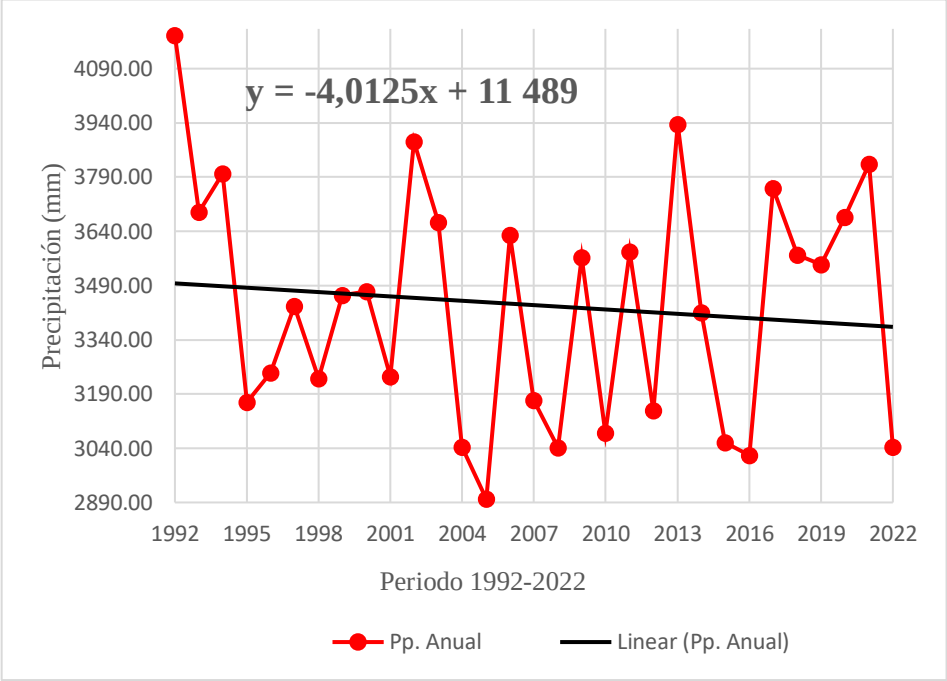

Figura 5. Comportamiento de la precipitación total anual, periodo 1992-2022.

Para el análisis de tendencias se suelen utilizar pruebas paramétricas y no paramétricas para la obtención de datos confiables. Por ello, en esta investigación se utilizó la segunda prueba mencionada el test de Mann-Kendal, que se utiliza para identificar tendencias de variables meteorológicas, respaldada por estudios realizados por (Getnet y Aval, 2023).

Según el análisis con el test de Mann Kendall se determinó que la precipitación total anual presentó una tendencia significativamente decreciente (TSD), porque el valor de Z resultó -0,054389, el nivel de significación estadística (α) 0,05 y el número total de datos evaluados (n) fueron 31, que corresponden a los años desde 1992 hasta el 2022 (Tabla 12).

Tabla 12. Resultado de tendencia de la precipitación con la prueba de Mann Kendall

Resultado	Valor
Z	-0,054389
α	0,05
N	31

En los resultados de la evaluación de la precipitación total anual durante el periodo 1992-2022 en el distrito Rupa Rupa, resultó 3 435,89 mm, lo cual coincide con lo señalado por Manrique de Lara (2022) que mencionó que en el periodo 1990-2020 la precipitación total anual fue 3 403,82 mm. Existe una variación en los resultados pues se evaluaron en diferentes plazos y periodos. Panda y Sahu (2019) mencionan que las variaciones de las precipitaciones a largo plazo pueden verse afectada por el cambio climático en el mundo. Khan y Rafiq (2021) también afirma ello, no obstante, Panda y Sahu (2019) agregan que la magnitud de la variabilidad será en función a la ubicación geográfica.

4.3. Determinar la tendencia de la humedad relativa para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.

En la Tabla 13 se observa que la humedad relativa promedio durante el periodo 1992-2022 resultó 82,77%, el valor mínimo promedio mensual se registró en el mes de septiembre (79,61%) y el valor máximo promedio mensual se registró en el mes de febrero (85,85%). La humedad relativa promedio mínimo anual fue 69,33% en el año1995 y la humedad relativa promedio máxima anual fue 86,58% en el año 2011. La humedad relativa promedio mínimo mensual se registró en el mes de septiembre del año 1995 (57%) y la humedad relativa promedio máximo mensual se registró en el mes de febrero durante los años 2011 y 2012 (91%).

La varianza promedio fue 11,90%, la varianza promedio mínima fue 6,73% en el mes de febrero y la varianza promedio máxima fue 25,85% en septiembre. La desviación estándar promedio fue 3,45%, la desviación estándar mínima fue 2,59% en el mes de febrero y la desviación estándar máxima fue 5,08% en el mes de septiembre. El coeficiente de variación promedio fue 4,17%, el coeficiente de variación mínimo fue 3,02% en el mes de febrero y el coeficiente de variación máximo fue 6,39% en el mes de septiembre (Tabla 13).

Tabla 13. Datos y estadística descriptiva de humedad relativa promedio, periodo 2992-2022

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1992	82,00	83,00	81,00	82,00	81,00	78,00	76,00	78,00	79,00	78,00	81,00	82,00	80,08
1993	81,00	82,00	84,00	84,00	81,00	82,00	85,00	81,00	78,00	81,00	84,00	84,00	82,25
1994	83,00	83,00	61,00	82,00	79,00	78,00	77,00	76,00	77,00	79,00	81,00	82,00	78,17
1995	83,00	84,00	87,00	63,00	59,00	80,00	64,00	61,00	57,00	64,00	65,00	65,00	69,33
1996	87,00	87,00	85,00	84,00	83,00	81,00	78,00	79,00	78,00	81,00	80,00	83,00	82,17
1997	87,00	86,00	85,00	83,00	84,00	84,00	81,00	81,00	81,00	81,00	84,00	86,00	83,58
1998	86,00	86,00	86,00	84,00	84,00	82,00	79,00	79,00	79,00	79,00	84,00	84,00	82,67
1999	88,00	87,00	86,00	84,00	84,00	83,00	81,00	75,00	78,00	77,00	80,00	83,00	82,17
2000	88,00	85,00	86,00	84,00	82,00	82,00	88,00	78,00	78,00	79,00	80,00	82,00	82,67
2001	85,00	85,00	86,00	82,00	86,00	86,00	85,00	79,00	80,00	80,00	85,00	83,00	83,50
2002	86,00	90,00	86,00	87,00	85,00	83,00	84,00	81,00	81,00	83,00	85,00	87,00	84,83
2003	84,00	85,00	85,00	85,00	83,00	83,00	80,00	82,00	79,00	84,00	82,00	85,00	83,08
2004	82,00	86,00	84,00	84,00	84,00	85,00	87,00	86,00	86,00	85,00	86,00	87,00	85,17
2005	85,00	86,00	88,00	86,00	86,00	86,00	84,00	81,00	82,00	84,00	82,00	85,00	84,58
2006	85,00	86,00	86,00	83,00	82,00	84,00	81,00	81,00	81,00	83,00	85,00	87,00	83,67
2007	88,00	88,00	88,00	86,00	86,00	84,00	84,00	83,00	82,00	83,00	81,00	83,00	84,67
2008	85,00	88,00	88,00	85,00	84,00	86,00	84,00	85,00	84,00	85,00	85,00	89,00	85,67
2009	89,00	89,00	88,00	88,00	86,00	86,00	86,00	85,00	80,00	82,00	86,00	90,00	86,25
2010	87,00	87,00	84,00	85,00	85,00	86,00	86,00	83,00	84,00	86,00	87,00	88,00	85,67
2011	89,00	91,00	88,00	87,00	86,00	86,00	86,00	84,00	85,00	86,00	85,00	86,00	86,58
2012	86,00	91,00	86,00	86,00	85,00	85,00	85,00	83,00	84,00	84,00	83,00	86,00	85,33
2013	84,00	87,00	87,00	84,00	85,00	85,00	86,00	84,00	82,00	83,00	84,00	81,00	84,33
2014	88,00	88,00	85,00	85,00	86,00	85,00	83,00	83,00	83,00	84,00	82,00	86,00	84,83
2015	85,00	86,00	85,00	84,00	85,00	84,00	84,00	83,00	80,00	81,00	82,00	83,00	83,50
2016	82,00	84,00	85,00	83,00	82,00	83,00	82,00	81,00	81,00	82,00	81,00	84,00	82,50
2017	87,00	86,00	86,00	85,00	84,00	82,00	85,00	83,00	82,00	82,00	85,00	84,00	84,25
2018	86,00	85,00	85,00	86,00	84,00	85,00	83,00	82,00	79,00	83,00	86,00	85,00	84,08
2019	85,00	84,00	85,00	84,00	84,00	84,00	84,00	82,00	82,00	84,00	82,00	86,00	83,83
2020	78,66	80,30	78,19	76,76	75,74	75,05	74,80	71,54	72,61	72,46	72,45	78,61	75,60
2021	80,84	80,64	81,93	81,54	79,45	80,15	76,38	76,24	75,46	76,52	79,17	81,45	79,15
2022	81,71	85,38	84,71	83,23	83,51	82,09	80,54	80,51	77,79	79,37	79,05	82,79	81,72
Promedio	84,97	85,85	84,54	83,44	82,70	83,07	81,93	80,24	79,61	81,01	82,05	83,83	82,77
Máximo	89,00	91,00	88,00	88,00	86,00	86,00	88,00	86,00	86,00	86,00	87,00	90,00	86,58
Mínimo	78,66	80,30	61,00	63,00	59,00	75,05	64,00	61,00	57,00	64,00	65,00	65,00	69,33
Varianza	6,98	6,73	23,51	18,67	24,93	7,27	22,98	22,91	25,85	19,09	18,56	18,34	11,90
Desviación estándar	2,64	2,59	4,85	4,32	4,99	2,70	4,79	4,79	5,08	4,37	4,31	4,28	3,45
Coeficiente de variación (%)	3,11 %	3,02 %	5,74 %	5,18 %	6,04 %	3,24 %	5,85 %	5,97 %	6,39 %	5,39 %	5,25 %	5,11 %	4,17 %

En la Figura 6 se observa el comportamiento de la humedad relativa anual y la línea de tendencia. Al realizar la regresión lineal a la serie de datos de 1992-2022, se observa una tendencia ligeramente positiva, con un incremento de 0,0815% por cada año. Igualmente, en

función a la ecuación de la tendencia (y=0,0815x-80,851), la humedad relativa en 30 años se ha incrementado en 2,445%, a razón de 0,815% por década.

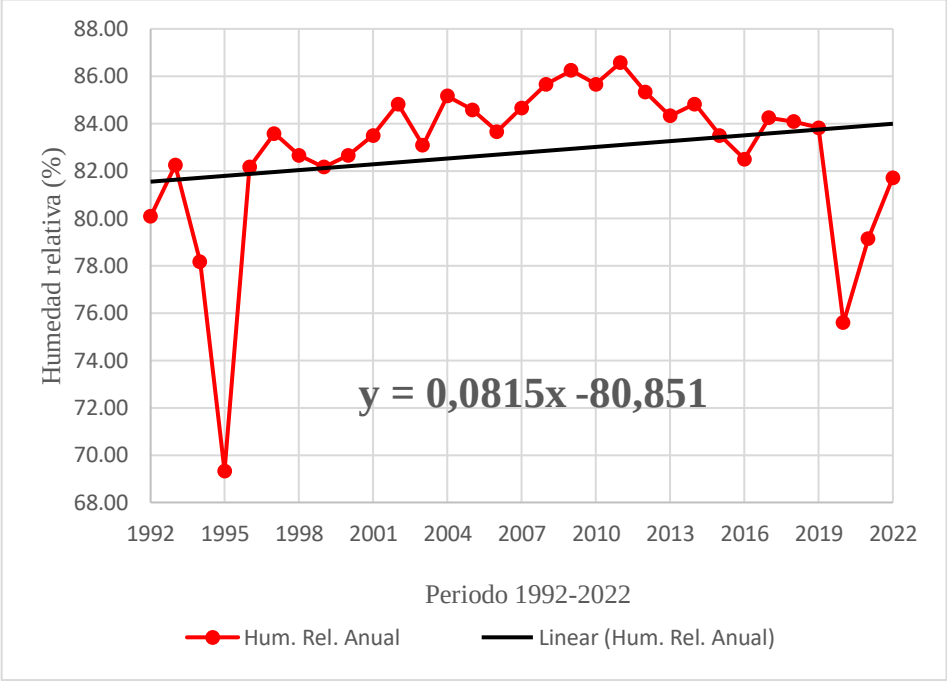

Figura 6. Comportamiento de la humedad relativa anual, periodo 1992-2022.

Según el análisis de la prueba Mann Kendall se determinó que la humedad relativa presentó una tendencia no significativamente creciente (TNSC), porque el valor de Z resultó 1,4457, el nivel de significación estadística (α) fue 0,05 y el número total de datos evaluados (n) fueron 31, que corresponden a los años desde 1992 hasta el 2022 (Tabla 14).

Tabla 14. Resultado de tendencia de la humedad relativa con la prueba Mann Kendall

Resultado	Valor
Z	1,4457
α	0,05
n	31

La humedad relativa durante el periodo 1992-2022 en el distrito Rupa Rupa, resultó 82,77%, lo cual coincide con lo señalado por Manrique de Lara (2022) que mencionó que en el periodo 1990-2020 la humedad relativa fue 84,29%. Existe una variación en los resultados pues se evaluaron en diferentes plazos y periodos. Panda y Sahu (2019) señalan que la magnitud de la variabilidad será en función a la ubicación geográfica.

4.4. Determinar los índices de cambio climático para la evaluación de la variabilidad climática en Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, periodo 1992-2022.

En la Tabla 15 se muestra 19 índices propuestos por el Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático, conocidos por sus siglas ETCCDI.

Tabla 15. Resultados de los índices de cambio climático en el software RClimdex

Lati	Long	Índices	Desde	Hasta	Pendiente	P_Value
9,3	76,01667	SU25	1992	2022	0,232	0,01
9,3	76,01667	TR20	1992	2022	6,634	0
9,3	76,01667	TXX	1992	2022	0,105	0,001
9,3	76,01667	TXN	1992	2022	0,047	0,04
9,3	76,01667	TNX	1992	2022	0,047	0,02
9,3	76,01667	TNN	1992	2022	0,063	0,039
9,3	76,01667	TX10P	1992	2022	-0,177	0,001
9,3	76,01667	TX90P	1992	2022	0,867	0
9,3	76,01667	TN10P	1992	2022	-0,801	0
9,3	76,01667	TN90P	1992	2022	0,639	0
9,3	76,01667	WSDI	1992	2022	0,19	0,003
9,3	76,01667	CSDI	1992	2022	-0,365	0,066
9,3	76,01667	RX1day	1992	2022	-0,074	0,883
9,3	76,01667	RX5day	1992	2022	-0,335	0,619
9,3	76,01667	CDD	1992	2022	-0,131	0,102
9,3	76,01667	CWD	1992	2022	-0,051	0,646
9,3	76,01667	R95p	1992	2022	-3,913	0,49
9,3	76,01667	R99p	1992	2022	-2,778	0,417
9,3	76,01667	PRCPTOT	1992	2022	-7,515	0,293

A continuación, se muestra los índices de cambio climático que resultaron estadísticamente significativos.

Tabla 16. Índices de cambio climático estadísticamente significativos

Índices	Desde	Hasta	Pendiente	P_Value
TR20	1992	2022	6,634	0
TXX	1992	2022	0,105	0,001
TX10P	1992	2022	-0,177	0,001
TX90P	1992	2022	0,867	0
TN10P	1992	2022	-0,801	0
TN90P	1992	2022	0,639	0

Los días de verano “SU25” presentaron una tendencia positiva con un aumento de 0,232 días al año. El mínimo de temperaturas máximas “TXN” presentó una tendencia positiva con un aumento de 0,047°C al año. El máximo de temperaturas mínimas “TNX” presentó una tendencia positiva con un aumento de 0,047°C al año. El mínimo de temperaturas mínimas “TNN” presentó una tendencia positiva con un aumento de 0,063°C al año. La duración de los periodos cálidos “WSDI” presentó una tendencia positiva con un aumento de 0,19 días al año. La duración de los periodos fríos “CSDI” presentó una tendencia negativa con una disminución de 0,365 días al año. La precipitación máxima en 1 día “RX1day “presentó una tendencia negativa con una disminución de 0,074 mm al año. La precipitación máxima en 5 días “RX5day” presentó una tendencia negativa con una disminución de 0,335 mm al año. Los días secos consecutivos “CDD” presentaron una tendencia negativa con una disminución de 0,131 días al año. Los días húmedos consecutivos “CWD” presentaron una tendencia negativa con una disminución de 0,051 días al año (Tabla 17).

Tabla 17. Índices de cambio climático calculados en software RClimdex

Índices	Desde	Hasta	Pendiente
SU25	1992	2022	0,232
TXN	1992	2022	0,047
TNX	1992	2022	0,047
TNN	1992	2022	0,063
WSDI	1992	2022	0,19
CSDI	1992	2022	-0,365
RX1day	1992	2022	-0,074
RX5day	1992	2022	-0,335
CDD	1992	2022	-0,131
CWD	1992	2022	-0,051

Las noches tropicales “TR20” son los días en el que la temperatura mínima diaria (TN) es mayor a 20°C.

En la Figura 7 se observa el gráfico del índice de cambio climático “noches tropicales” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que en el año 1992 el número de noches tropicales fueron 97 (días en el que la temperatura mínima diaria es mayor a 20°C) y en el año 2022 aumentó el número a 255 noches

tropicales (días en el que la temperatura mínima diaria es mayor a 20°C). El mayor número de noches tropicales (298) fue en el año 2020 y el menor número de noches tropicales (70) en el año 1999.

Las noches frías presentaron una tendencia positiva con un aumento de 6,634 días al año (Figura 7).

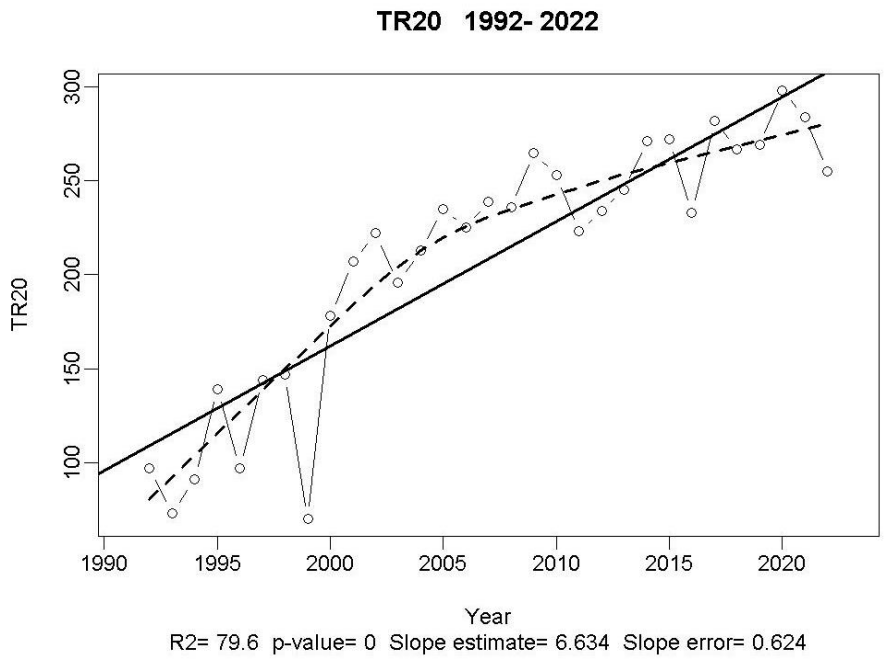

Figura 7. Gráfico del índice de cambio climático “noches tropicales (TR20)”.

La temperatura máxima extrema “TXX” es el valor máximo de la temperatura diaria máxima (TX).

En la Figura 8 se observa el gráfico del índice de cambio climático “temperatura máxima extrema” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que en el año 1992 la temperatura máxima extrema fue 33 °C y en el año 2022 fue 35,3°C. El menor valor fue registrado en el año 1993 (32 °C) y el máximo valor fue registrado en los años 2014 y 2015 (39,9 °C). La temperatura máxima extrema presentó una tendencia positiva con un aumento de 0,105 °C al año.

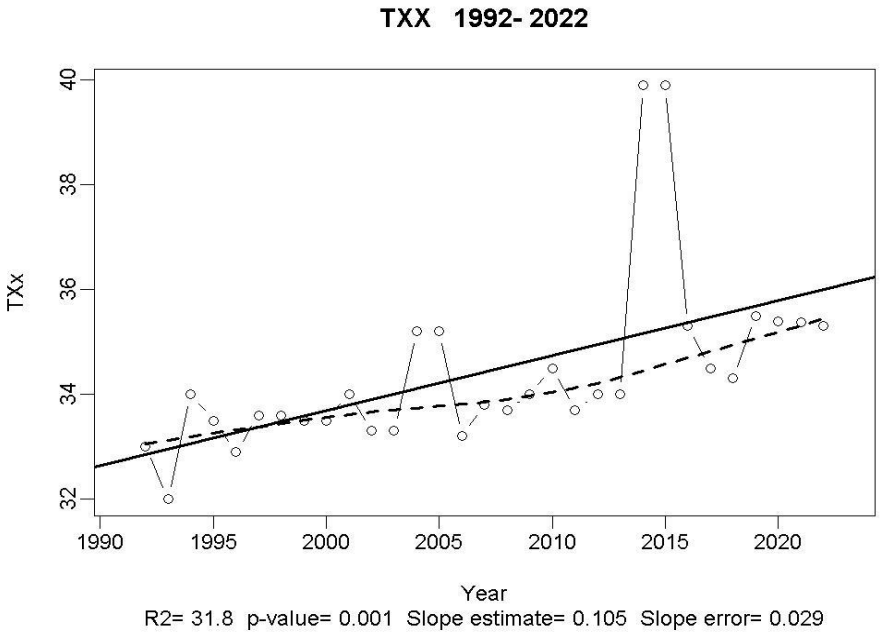

Figura 8. Gráfico del índice de cambio climático "temperatura máxima extrema (TXX)".

Los días calurosos "TX90P" es el porcentaje de días en el que la temperatura máxima diaria (TX) es mayor al percentil 90.

En la Figura 9 se observa el gráfico del índice de cambio climático "días calurosos" durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que en el año 1992 se registraron 1,09% con días calurosos (porcentaje de días en el que la temperatura máxima diaria es mayor al percentil 90) y en el año 2022 se registró el 25,77% con días calurosos (porcentaje de días en el que la temperatura máxima diaria es mayor al percentil 90). En el año 1993 no se registraron días calurosos y en el año 2020 se registró el mayor porcentaje de días calurosos (30,36).

Se observa una tendencia positiva en el porcentaje de días calurosos con un aumento de 0,867 días al año (Figura 9).

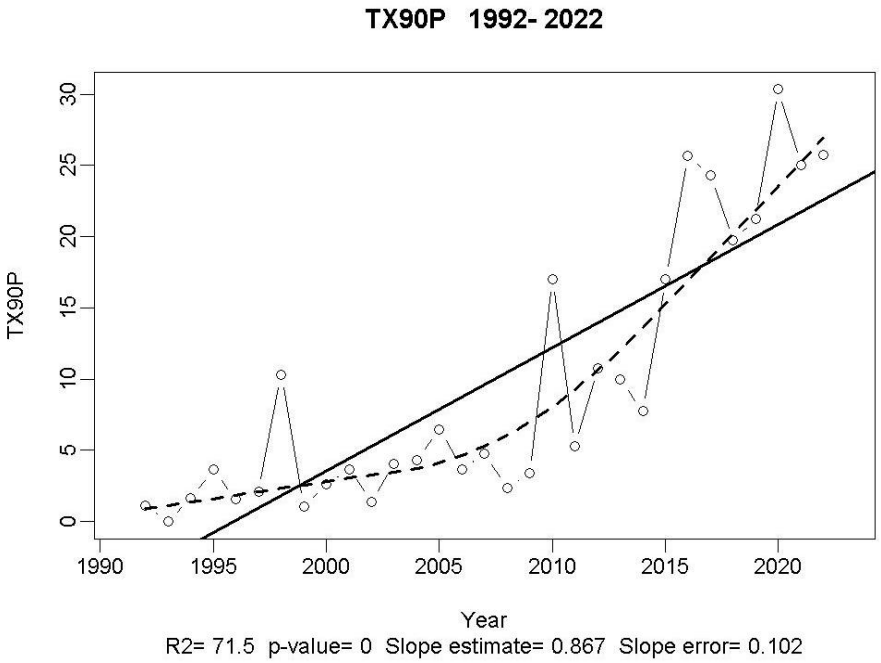

Figura 9. Gráfico del índice de cambio climático “días calurosos (TX90P)”.

Las noches calurosas “TN90P” es el porcentaje de días en el que la temperatura mínima diaria (TN) es mayor al percentil 90.

En la Figura 10 se observa el gráfico del índice de cambio climático “noches calurosas” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que en el año 1992 no se registraron noches calurosas (porcentaje de días en el que la temperatura mínima diaria supera el percentil 90) y en el año 2022 se registraron 17,74 % con noches calurosas (porcentaje de días en el que la temperatura mínima diaria supera el percentil 90). En los años 1992 y 1993 no se registraron noches calurosas y en el año 2020 se registró el mayor porcentaje de noches calurosas (33,48).

Se observa una tendencia positiva en el porcentaje de noches calurosas con un aumento de 0,639 días al año (Figura 10).

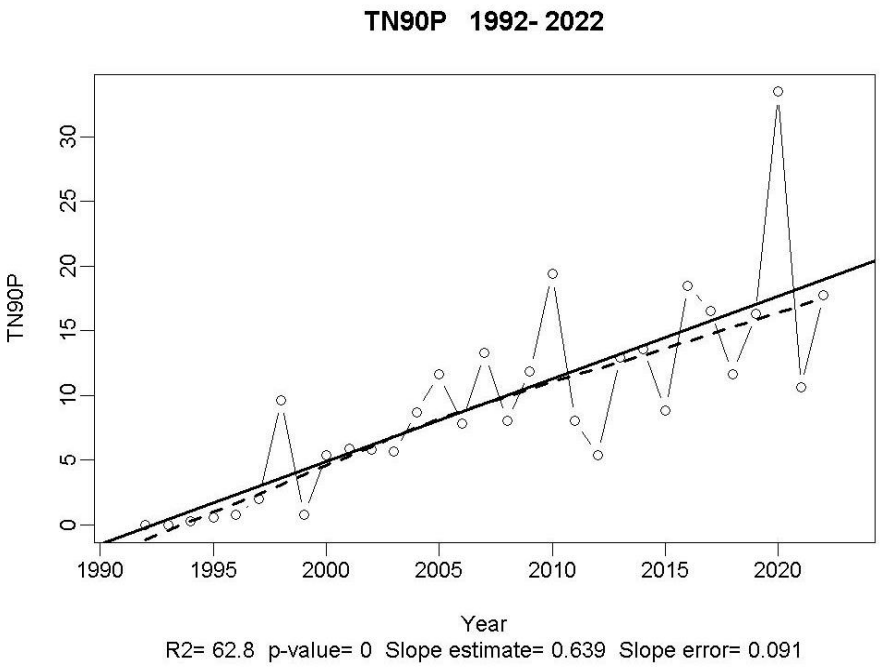

Figura 10. Gráfico del índice de cambio climático “noches calurosas (TN90P)”.

Los días fríos “TX10P” es el porcentaje de días en el que la temperatura máxima diaria (TX) es menor al percentil 10.

En la Figura 11 se observa el gráfico del índice de cambio climático “días fríos” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que en el año 1992 se registraron 12,11% con días fríos (porcentaje de días en los que la temperatura máxima diaria es menor al percentil 10) y en el año 2022 se registraron 7,23% con días fríos. En el año 2016 se registró el menor porcentaje de días fríos (4,49) y en el año 2020 se registró el mayor porcentaje de días fríos (15,74).

Se observa una tendencia negativa en el porcentaje de días fríos con una disminución de 0,177 días al año (Figura 11).

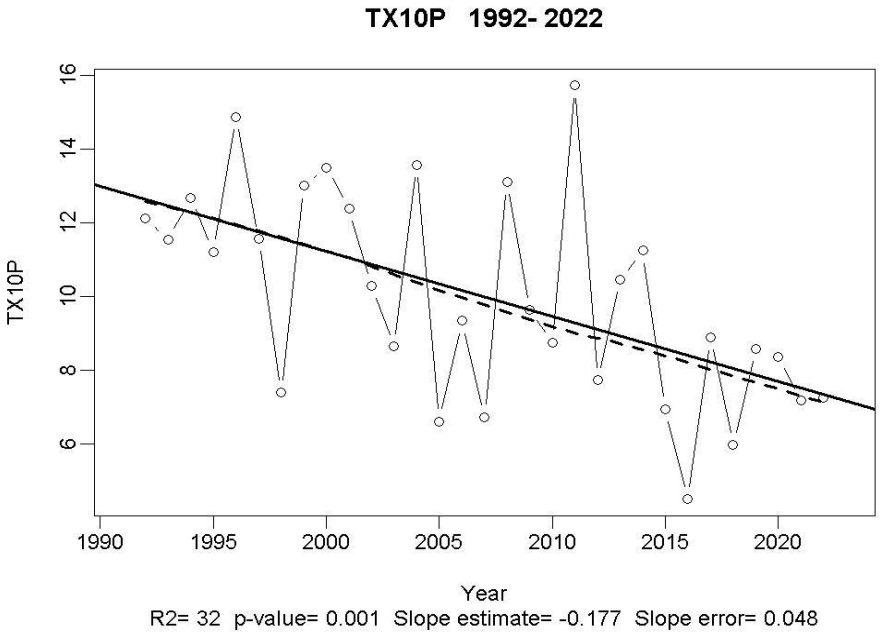

Figura 11. Gráfico del índice de cambio climático “días fríos (TX10P)”.

Las noches frías “TN10P” es el porcentaje de días en el que la temperatura mínima diaria (TN) es menor al percentil 10.

En la Figura 12 se observa el gráfico del índice de cambio climático “noches frías” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que en el año de 1992 se registraron 25,22 % con noches frías (porcentaje de días en los que la temperatura mínima diaria es menor al percentil 10) y en el año 2022 se registraron 6,8 % con noches frías (porcentaje de días en los que la temperatura mínima diaria es menor al percentil 10). En el año 2017 se registró el menor porcentaje de noches frías (0,99) y en el año 1996 se registró el mayor porcentaje de noches frías 37,46.

Se observa una tendencia negativa en el porcentaje de noches frías con una disminución de 0,801 días al año (Figura 12).

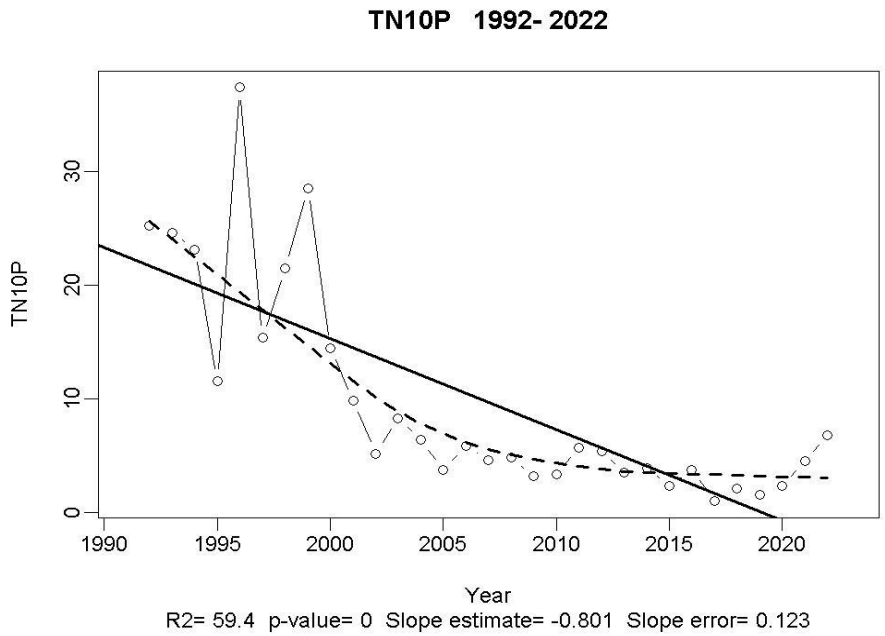

Figura 12. Gráfico del índice de cambio climático “noches frías (TN10P)”.

Los días muy húmedos “R95” son los días donde la precipitación diaria (RR) es mayor al percentil 95.

En la Figura 13 se observa el gráfico del índice de cambio climático “días muy húmedos” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que en el año 1992 se registraron 1 117, 6 días muy húmedos (días donde la precipitación diaria es mayor al percentil 95) y en el año 2022 se registraron 387,5 días muy húmedos (días donde la precipitación diaria es mayor al percentil 95). En el año 2016 se registró el menor número de días muy húmedos (343,9) y en el año 1994 se registró el mayor número de días muy húmedos (1 409,8).

Se observa una tendencia negativa en el número de días muy húmedos con una disminución de 3,913 días al año (Figura 13)

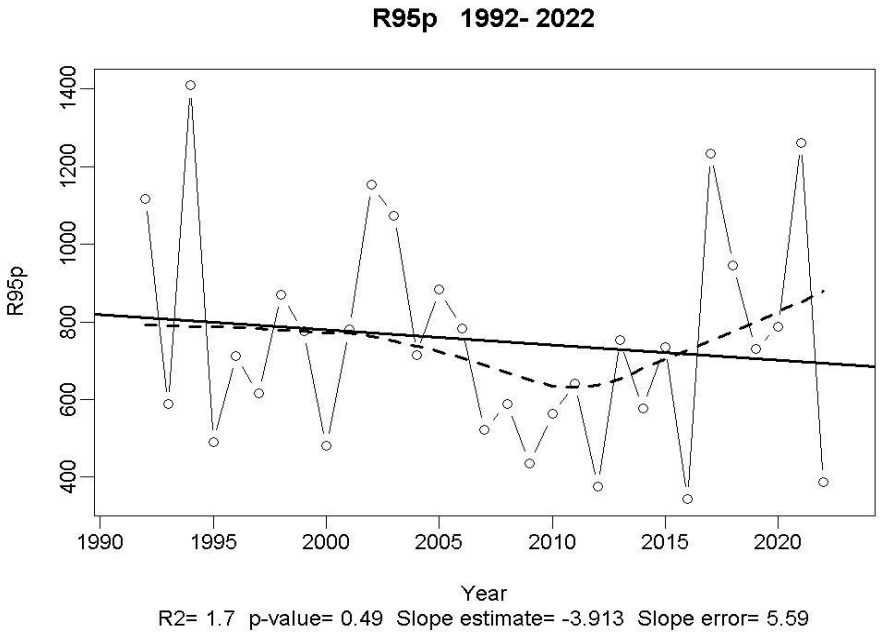

Figura 13. Gráfico del índice de cambio climático “días muy húmedos (R95p)”.

Los días extremadamente húmedos “R99p” días donde la precipitación diaria (RR) es mayor al percentil 99.

En la Figura 14 se observa el gráfico del índice de cambio climático “días extremadamente húmedos” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que la tendencia en los días extremadamente húmedos disminuyó. En el año 1992 se registraron 371,3 días extremadamente húmedos (días donde la precipitación diaria es mayor al percentil 99) y en el año 2022 se registraron 187 días extremadamente húmedos (días donde la precipitación diaria es mayor al percentil 99). En los años 1995, 2004, 2007, 2009, 2010 y 2019 no se registraron días extremadamente húmedos, mientras que en el año 1994 se registró el mayor número de días extremadamente húmedos (682,4).

Se observa una tendencia negativa en los días extremadamente húmedos con una disminución de 2,778 días al año (Figura 14).

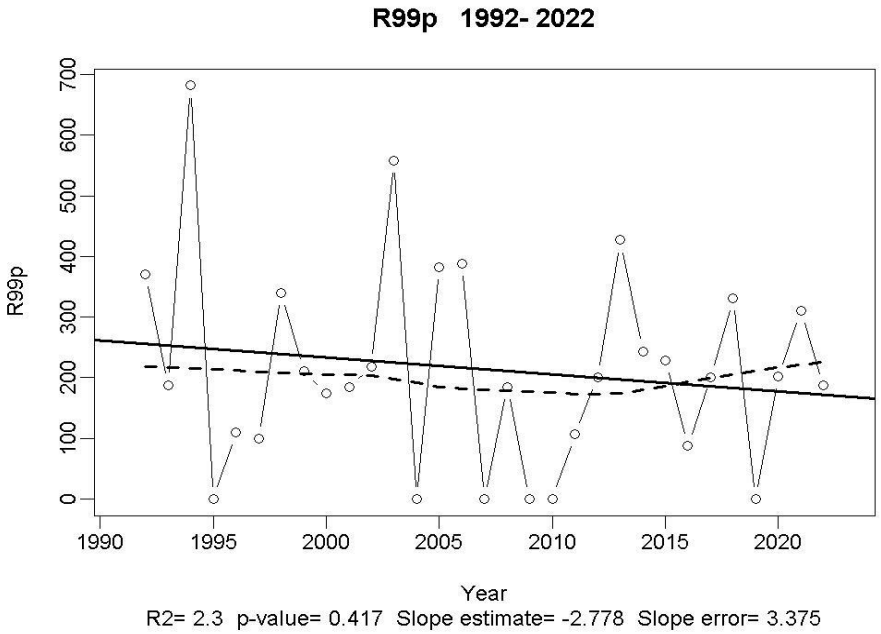

Figura 14. Gráfico del índice de cambio climático “días extremadamente húmedos (R99p)”.

La precipitación total anual “PRCPTOT” son los días donde la precipitación diaria (RR) es mayor o igual a 1mm.

En la Figura 15 se observa el gráfico del índice de cambio climático “precipitación total anual” durante el periodo 1992 al 2022 los valores se presentan mediante una línea unida por círculos pequeños, asimismo, se presenta la media móvil mediante una línea entrecortada, mientras que la línea recta es un ajuste de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados. Se observa que la tendencia en la precipitación total anual disminuyó. En el año 1992 se registraron 4 215,9 mm (días donde la precipitación diaria es mayor o igual a 1mm) y en el año 2022 se registraron 3 157,5 mm (días donde la precipitación diaria es mayor o igual a 1mm). En el año 2005 se registró una menor precipitación total anual (2 884,4 mm) y en el año 1992 se registró una mayor precipitación total anual (4 215,9 mm).

Se observa una tendencia negativa en la precipitación total anual con una disminución de 7,515 mm al año (Figura 15).

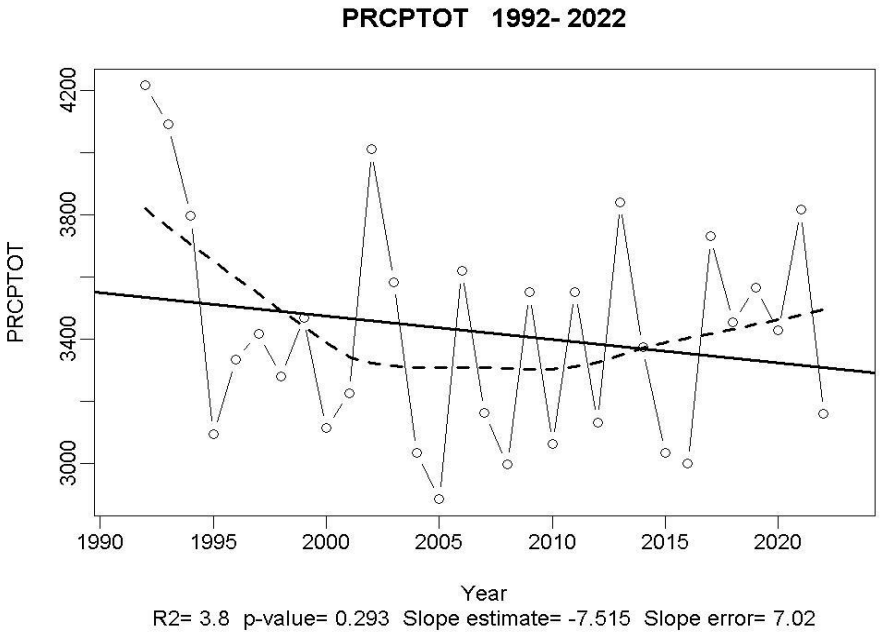

Figura 15. Gráfico del índice de cambio climático "precipitación total anual (PRCPTOT)".

El número de noches tropicales "TR20" aumentó 6,634 días al año durante el periodo 1992-2022 en la ciudad de Tingo María, lo cual coincide con lo señalado por Duran (2019) que mencionó que durante el periodo 2003-2017 el número de noches tropicales "TR20" aumentó 5,325 días al año. La diferencia en los valores se debe a que fueron diferentes periodos de evaluación.

La temperatura máxima extrema "TXX" aumentó 0,105°C al año durante el periodo 1992-2022 en la ciudad de Tingo María, lo cual coincide con lo señalado por Duran (2019) que mencionó que durante el periodo 2003-2017 la temperatura máxima extrema "TXX" aumentó 0,092°C al año. La diferencia en los valores se debe a que fueron diferentes periodos de evaluación.

El porcentaje de días calurosos "TX90P" aumentó 0,867 días al año durante el periodo 1992-2022 en la ciudad de Tingo María, lo cual coincide con lo señalado por Duran (2019) que mencionó que durante el periodo 2003-2017 el porcentaje de días calurosos "TX90P" aumentó 0,854 días al año. La diferencia en los valores se debe a que fueron diferentes periodos de evaluación.

El porcentaje de noches calurosas "TN90P" aumentó 0,639 días al año durante el periodo 1992-2022 en la ciudad de Tingo María, lo cual coincide con lo señalado por Duran

(2019) que mencionó que durante el periodo 2003-2017 el porcentaje de noches calurosas “TN90P” aumentó 0,854 días al año. La diferencia en los valores se debe a que fueron diferentes periodos de evaluación.

El porcentaje de días fríos “TX10P” disminuyó 0,177 días al año durante el periodo 1992-2022 en la ciudad de Tingo María, lo cual coincide con lo señalado por Duran (2019) que mencionó que durante el periodo 2003-2017 el porcentaje días fríos “TX10P” disminuyó 0,247 días al año. La diferencia en los valores se debe a que fueron diferentes periodos de evaluación.

El porcentaje de noches frías “TN10P” disminuyó 0,801 días al año durante el periodo 1992-2022 en la ciudad de Tingo María, lo cual coincide con lo señalado por Duran (2019) que mencionó que durante el periodo 2003-2017 el porcentaje de días fríos “TN10P” disminuyó 0,736 días al año. La diferencia en los valores se debe a que fueron diferentes periodos de evaluación.

V. CONCLUSIONES

1- La temperatura máxima, media y mínima presentaron tendencias positivas (tendencias significativamente crecientes), se registró un aumento de 1,398°C, 1,443°C y 1,449°C respectivamente, esto es evidencia de una variabilidad climática significativa.

2- La precipitación presentó una tendencia negativa (tendencia significativamente decreciente), disminuyó 120,375 mm, esto es evidencia de una variabilidad climática significativa.

3- La humedad relativa presentó una tendencia positiva (tendencia no significativamente creciente), aumentó 2,445%, esto es evidencia de una variabilidad climática significativa.

4- Los índices de cambio climático como las noches tropicales “TR20”, las temperaturas máximas extremas “TXX”, los días calurosos “TX90P”, las noches calurosas “TN90P” presentaron tendencias positivas, los días fríos “TX10P” y las noches frías “TN10P” presentaron tendencias negativas, las precipitaciones “PRCPTOT” presentaron tendencias negativas, esto es evidencia de una variabilidad climática significativa.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1- Realizar más trabajos de investigación sobre variabilidad climática.

2- Considerar evaluar otras variables meteorológicas para determinar la variabilidad climática en futuras investigaciones.

3- Realizar evaluaciones de índices de cambio climático de las diferentes estaciones meteorológicas de la región Huánuco.

4- Implementar medidas de adaptación al cambio climático.

VII. REFERENCIAS

Aguila, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T., & Wieringa, J. (2003). *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization.* https://www.scirp.org/%28S%28lz5mqp453edsnp55rrgjct55%29%29/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1123679

Alencar da Silva Alves, K. M., & Silva Nóbrega, R. (2017). Tendencia pluviométrica y concentración estacional de precipitación en la Cuenca Hidrográfica del Río Moxotó – Pernamcuco – Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, *1*(58), 295. https://doi.org/10.15359/RGAC.58-1.12

Aliaga, V. S. (2021). *Tendencia y variabilidad climatica; Subregiones Pampeanas, Argentina (1960-2010)*. *42*(1), 13–32. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/157390

Alvarino Gaitan, Yujaina., & Ocampo Bautista, V. Catalina. (2016). *Análisis de las variables climatológicas temperatura, humedad relativa, precipitación, evaporación, brillo solar, radiación, velocidad y dirección del viento, medidas por la estación meteorológica "Argelia" entre los años 1993 – 2013 para verificar la Variabilidad climática del Municipio de Girardot*. https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/277

Arfasa, G. F., Owusu-Sekyere, E., & Doke, D. A. (2023). Climate Change Projections and Impacts on Future Temperature, Precipitation, and Stream flow in the Vea Catchment, Ghana. *Environmental Challenges*, 100813. https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2023.100813

Arias, Fidias. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. *6*.

Aviles, J., Bazalar, J., Azañedo, D., & Miranda, J. (2016). *Perú, cambio climático y enfermedades no trasmisibles: ¿Dónde estamos y a dónde vamos?* http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2016.331.2016

Balcázar Ruíz, F. Y., & Lozano Hernández, C. M. (2019). *Determinación de la Variabilidad climática y Cambio climático mediante el Análisis de la Temperatura y la Precipitación en el distrito de Contumazá durante el período 1965 – 2018*. http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1296

Bautista, Francisco., Pacheco, Aristeo., & Ayala, Graciela. (2016). *Indicadores de cambio climático con datos diarios (ICC)*.

Bazile, Eric., Besson, Francois., & Landelius, Tomás. (2016). *Sistema de reanálisis de precipitación de alta resolución con fines climatológicos*. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/tellusa.v68.29879

Bermeo Sucuzhañay, O. G., & Vásquez Espinoza, T. R. (2022). *Comparación de Datos metereológicos en el periodo 1983-2012 en la región Cinco del Ecuador, su incidencia en el Sector Agropecuario y su Relación con el Cambio Climático*. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23885

Blackmore, I., Rivera, C., Waters, W. F., Iannotti, L., & Lesorogol, C. (2021). The impact of seasonality and climate variability on livelihood security in the Ecuadorian Andes. *Climate Risk Management*, *32*, 100279. https://doi.org/10.1016/J.CRM.2021.100279

Blasi, F., Caamaño-Carrillo, C., Bevilacqua, M., & Furrer, R. (2022). A selective view of climatological data and likelihood estimation. *Spatial Statistics*, *50*, 100596. https://doi.org/10.1016/J.SPASTA.2022.100596

Castorena Peña, J. A., Silva Avila, A. E., Domínguez Lugo, A. J., & Rodríguez Montelongo, D. L. (2018). El uso de herramientas tecnológicas de minería de datos en el análisis de datos climatológicos. *RECI*, *7*(13), 1–18. http://www.reci.org.mx/index.php/reci/article/view/75/358

Das, M., Das, A., Pereira, P., & Mandal, A. (2021). Exploring the spatio-temporal dynamics of ecosystem health: A study on a rapidly urbanizing metropolitan area of Lower Gangetic Plain, India. *Ecological Indicators*, *125*, 107584. https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.107584

Dash, S. K., Saraswat, V., Panda, S. K., & Pattnayak, K. C. (2022). Temperature extremes and their future projections in selected Indian cities along with their meteorological subdivisions and temperature homogeneous zones. *Urban Climate*, *41*, 101057. https://doi.org/10.1016/J.UCLIM.2021.101057

De la Cruz Montalvo, G. (2021, November). *Escenarios climáticos: Cambios en los extremos climáticos en el Perú al 2050 - Flood Resilience Portal*. https://floodresilience.net/resources/item/escenarios-climaticos-cambios-en-los-extremos-climaticos-en-el-peru-al-2050/

De los Ríos, C., Watson, J. E. M., & Butt, N. (2018). Persistence of methodological, taxonomical, and geographical bias in assessments of species' vulnerability to climate change: A review. *Global Ecology and Conservation*, *15*, e00412. https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2018.E00412

Deb, S., & Sil, B. S. (2019). Climate change study for the meteorological variables in the Barak River basin in North-East India. *Urban Climate*, *30*, 100530. https://doi.org/10.1016/J.UCLIM.2019.100530

Duran Campos, L. Y. (2019). *Indices de cambio climático y tendencia climática de las variables metereológicas de las ciudades de Tingo María y Tocache 2003- 2017*.

Eraso Tiza, Y. Y. (2020). *Comportamiento de las variables metereológicas en el periodo 2010 al 2020 en el Valle del Mantaro*. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9078

Faghih, M., & Brissette, F. (2023). The role of internal climate variability on future streamflow projections. *Journal of Hydrology*, *625*, 130101. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2023.130101

Fattah, M. A., Gupta, S. Das, Faroque, M. Z., Ghosh, B., Morshed, S. R., Chakraborty, T., Kafy, A. Al, & Rahman, M. T. (2023). Spatiotemporal characterization of relative humidity trends and influence of climatic factors in Bangladesh. *Heliyon*, *9*(9), e19991. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E19991

Flores Ruiz, M. (2021). *Elementos Meteorológicos y sus Efectos en la Ocurrencia de las Olas de Calor, en el Distrito de Bellavista, Región de San Martín, 1995-2016*. https://hdl.handle.net/20.500.12692/73595

Gashaw, T., W. Worqlul, A., Lakew, H., Teferi Taye, M., Seid, A., & Haileslassie, A. (2023). Evaluations of satellite/reanalysis rainfall and temperature products in the Bale Eco-Region (Southern Ethiopia) to enhance the quality of input data for hydro-climate studies. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *31*, 100994. https://doi.org/10.1016/J.RSASE.2023.100994

Getnet, G. T., Dagnew, A. B., & Ayal, D. Y. (2023). Spatiotemporal variability and trends of rainfall and temperature in the tropical moist montane ecosystem: Implications to climate-smart agriculture in Geshy watershed, Southwest Ethiopia. *Climate Services*, *30*, 100384. https://doi.org/10.1016/J.CLISER.2023.100384

Haldar, S., Choudhury, M., Choudhury, S., & Samanta, P. (2023). Trend analysis of long-term meteorological data of a growing metropolitan city in the era of global climate change. *Total Environment Research Themes*, *7*, 100056. https://doi.org/10.1016/J.TOTERT.2023.100056

Hernández Carrillo, J. E. (2019). *Análisis de la precipitación inducida por forzamiento orográfico, ante el paso de frentes fríos en la porción Norte de Chiapas y Sierra de Tabasco*.

Hernández Sampieri, Roberto. (2014). *Metodología de la investigación*.

Huere Peña, J. L. (2018). *Patrones de comportamiento de Datos Metereológicos mediante técnicas de Data Mining en Huancavelica 2018-2019*. http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3988

Issaldayeva, S., Alimkulov, S., Raimbekova, Z., Bekseitova, R., & Karatayev, M. (2023). The climatic and river runoff trends in Central Asia: The case of Zhetysu Alatau region, the south-eastern part of Kazakhstan. *Heliyon*, *9*(7), e17897. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E17897

Iturbide Hernandez, J. E., & Lopez Cruz, P. (2018). *Sistema de Micro-estación meteorológica monitoreada vía remota*. http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/28100

Khan, A. A., Zhao, Y., khan, J., Rahman, G., Rafiq, M., & Moazzam, M. F. U. (2021). Spatial and Temporal Analysis of Rainfall and Drought Condition in Southwest Xinjiang in Northwest China, Using Various Climate Indices. *Earth Systems and Environment*, *5*(2), 201–216. https://doi.org/10.1007/s41748-021-00226-5

Leal Quintero, A. D., & Portes Rodriguez, S. T. (2020). *Análisis de las variables climatológicas de precipitación y temperatura de los municipios de Tocaima y Jerusalen*. http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9349

Li, Y., Wu, D., Wang, T., Chen, L., Zhang, C., & Guo, S. (2023). Late Holocene temperature and precipitation variations in an alpine region of the northeastern Tibetan Plateau and their response to global climate change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *615*, 111442. https://doi.org/10.1016/J.PALAEO.2023.111442

Lucio Daniel, M. de L. G. (2022). Comportamiento meteorológico y determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tingo María. *Universidad Nacional Agraria de La Selva*. http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2137

Mendoza Uribe, I., & Vázquez Zavaleta, M. (2017). *Detección de extremos climáticos de precipitación y temperatura en el estado de Guerrero*.

Met Office. (2018). *Types of weather - Met Office*. https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/types-of-weather

Palaguachi Encalada, S. I. (2018). *Diseño, desarrollo e implementación de una estación meteorológica basada en una red jerárquica de sensores, software libre y sistemas embebidos para la Empresa ELECAUSTRO en la Minicentral Gualaceo utilizando comunicación MQTT y MODBUS*. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16056

Panda, A., & Sahu, N. (2019). Trend analysis of seasonal rainfall and temperature pattern in Kalahandi, Bolangir and Koraput districts of Odisha, India. *Atmospheric Science Letters*, *20*(10), e932. https://doi.org/10.1002/ASL.932

PCE. (2019). *¿Qué es una estación meteorológica?* https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm#:~:text=Una%20estacion%20meteorologica%20es%20el,poder%20es

Peterson, T. (2005). *Climate Change Indices*. https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2039738

Popoola, A. A., Wahab, B., Hangwelani, M., Chipungu, L., & Adeleye, B. M. (2020). Urban Food Production and Climate Variability in Ibadan, Nigeria. *Bangladesh E-Journal of Sociology*, *17*(1). http://repository.futminna.edu.ng:8080/jspui/handle/123456789/3621

Rascón, J., Gosgot Angeles, W., Oliva, M., Quiñones Huatangari, L., & Barrena Gurbillón, M. Á. (2020). *Determinación de las épocas lluviosas y secas en la ciudad de Chachapoyas para el periodo de 2014-2018*. *20*, 15–28. https://rclimatol.eu/2021/03/28/determinacion-de-las-epocas-lluviosas-y-secas-en-la-ciudad-de-chachapoyas-para-el-periodo-de-2014-2018/

RCR. (2023). *Perú es el tercer país en el mundo más vulnerable al cambio climático*. https://www.rcrperu.com/peru-es-el-tercer-pais-en-el-mundo-mas-vulnerable-al-cambio-climatico/

Rosales Arriaga, E. R. (2011). *Análisis de métodos alternativos para obtener información de temperatura del aire y estimar evapotranspiración usando imágenes satelitales*.

Santos Calderón, J. M., Gilberto Murillo, L., Botero López, C. A., Franco Torres, O., Ruiz Murcia, J. F., Mantilla Prada, I., Franky Rodríguez, J., Fajardo Uribe, L. A., & Pabón Caiced, J. D. (2018). *La variabilidad climática y el cambio climático en Colombia*. https://www.andi.com.co/Uploads/variabilidad.pdf

Senamhi. (2022). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones

Serrano Notivoli, R., Buisán Sanz, S. T., Abad Pérez, L. M., Sierra Álvarez, E., Rodríguez Ballesteros, C., López-Moreno, J. I., & María Cuadrat, J. (2018). *Tendencias recientes en precipitación, temperatura y nieve de alta montaña en los pirineos (Refugio de Góriz, Huesca)*. https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/9907

Serrano Vincenti, Sheila., Zuleta, Diana., Moscoso, Viviana., Jácome, Pablo., Palacios, Enrique., & Villacís, Marcos. (2012). *Análisis estadístico de datos metereológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito*. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8828

Shorabeh, S. N., Kakroodi, A. A., Firozjaei, M. K., Minaei, F., & Homaee, M. (2022). Impact assessment modeling of climatic conditions on spatial-temporal changes in surface biophysical properties driven by urban physical expansion using satellite images. *Sustainable Cities and Society*, *80*, 103757. https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.103757

Steensen, B. M., Marelle, L., Hodnebrog, & Myhre, G. (2022). Future urban heat island influence on precipitation. *Climate Dynamics*, *58*(11), 3393–3403. https://doi.org/10.1007/s00382-021-06105-z

Tapia Muller, E. R. (2021). Análisis meteorológico y determinación de los índices climáticos del periodo 1999 – 2020 en Tarapoto. *Universidad Nacional Agraria de La Selva*. http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2154

Tapia Ramos, A. B. (2022). Tendencia de la precipitación y temperatura debido al cambio climático observados en dos estaciones meteorológicas de la región de Arequipa 1965-2020. *Universidad Continental*. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12304

Vargas Cordero, Z. Rosa. (2009). *La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. *33*.

Vázquez, J. (2010). *Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México*.

Yang, J., Yin, P., Sun, J., Wang, B., Zhou, M., Li, M., Tong, S., Meng, B., Guo, Y., & Liu, Q. (2019). Heatwave and mortality in 31 major Chinese cities: Definition,

vulnerability and implications. *Science of the Total Environment*, *649*, 695–702. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.332

Yue, S., Pilon, P., & Phinney, B. (2003). Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation. *Hydrological Sciences Journal*, *48*(1), 51–63. https://doi.org/10.1623/HYSJ.48.1.51.43478

ANEXOS

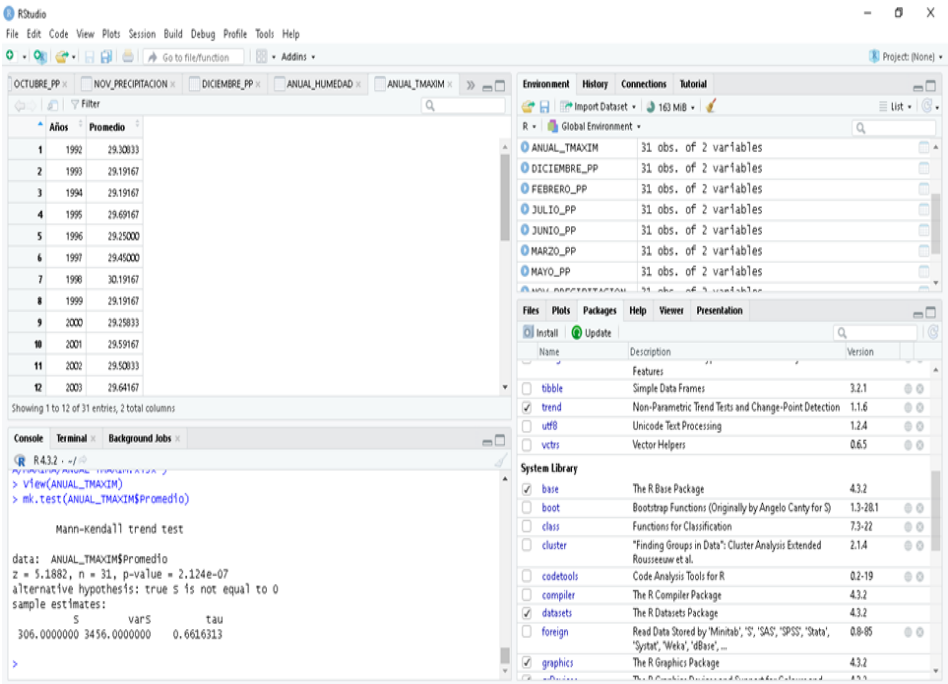

Figura 16. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la temperatura máxima anual.

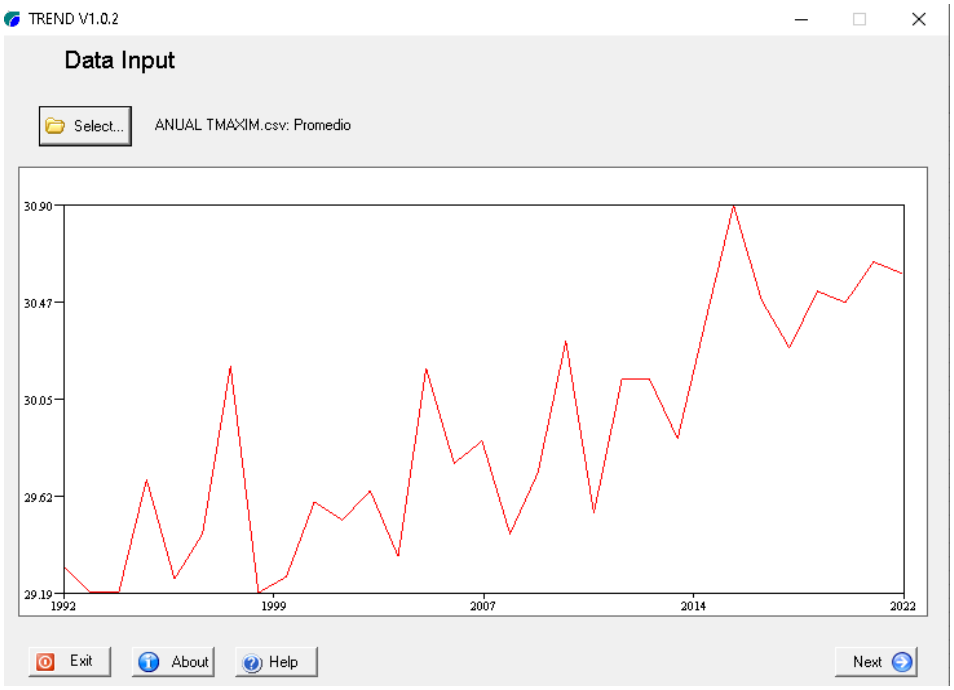

Figura 17. Gráfico de la tendencia de la temperatura máxima anual en el software Trend.

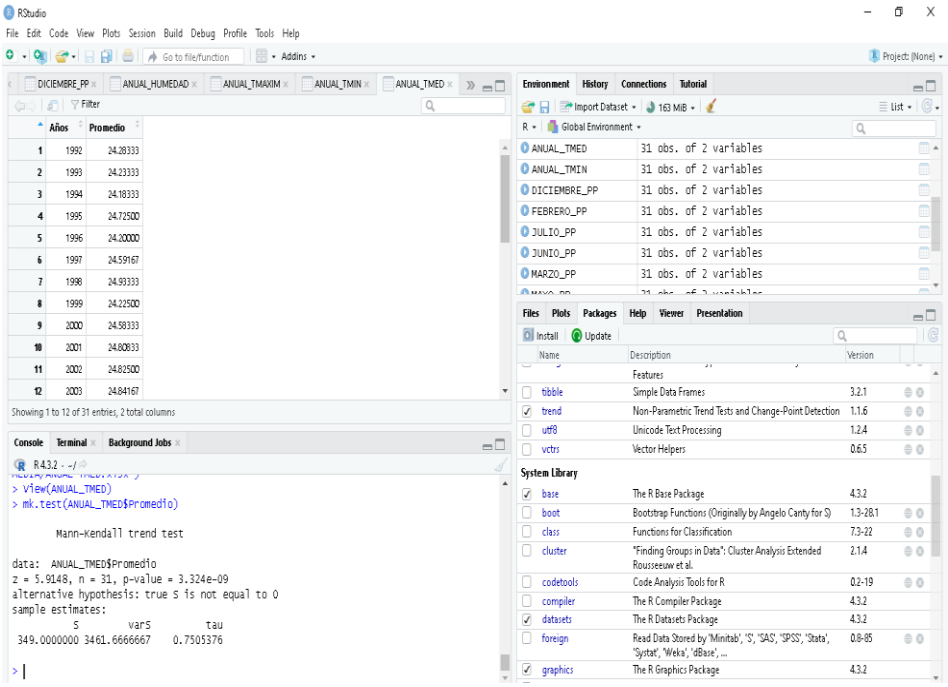

Figura 18. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la temperatura media anual.

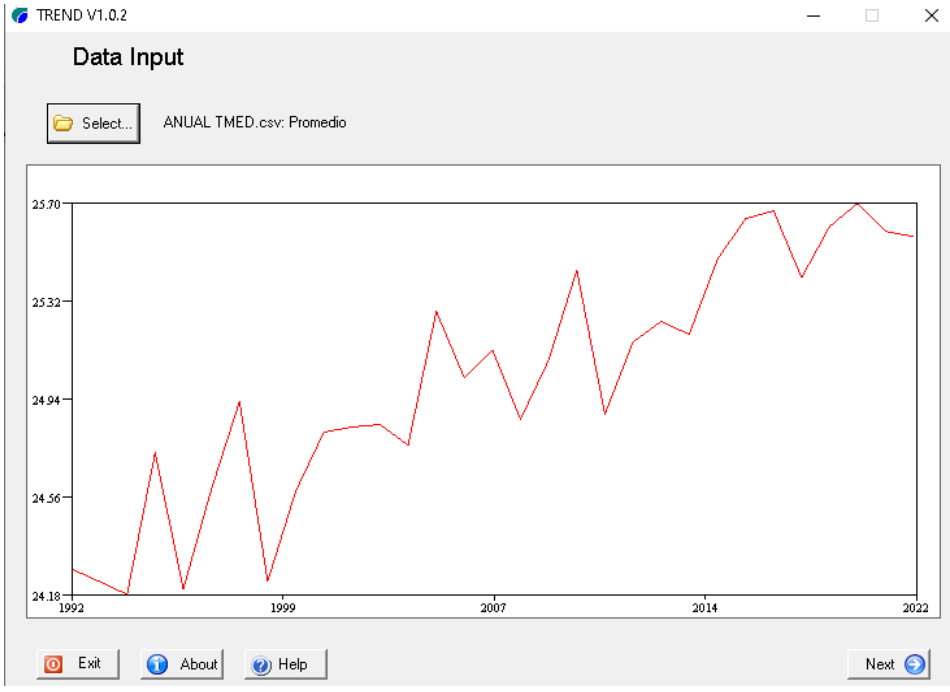

Figura 19. Gráfico de la tendencia de la temperatura media anual en el software Trend.

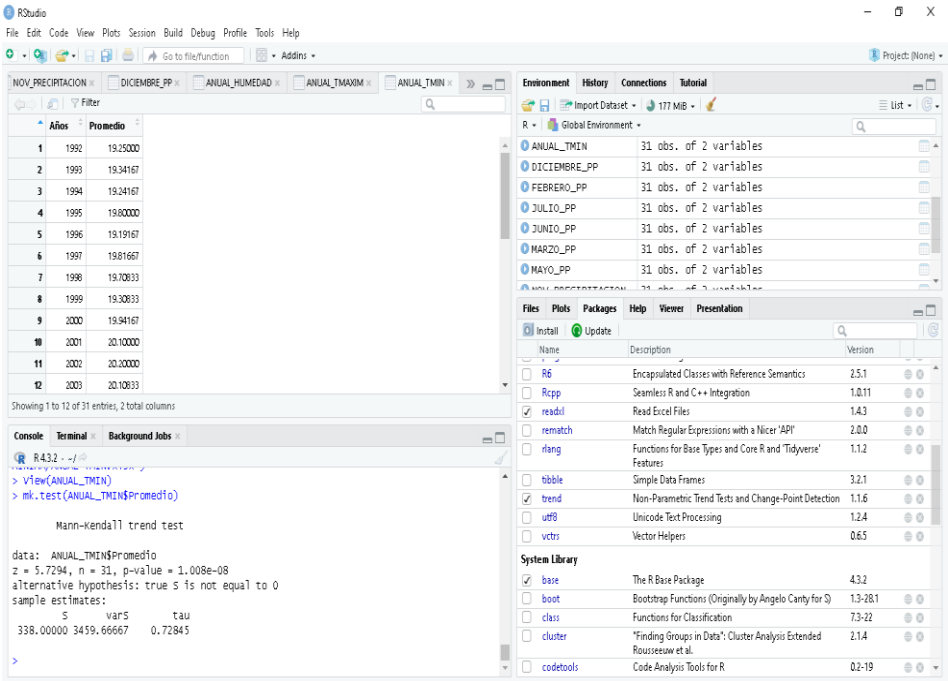

Figura 20. Resultados del test de mann kendall en el software Rstudio de la temperatura mínima anual.

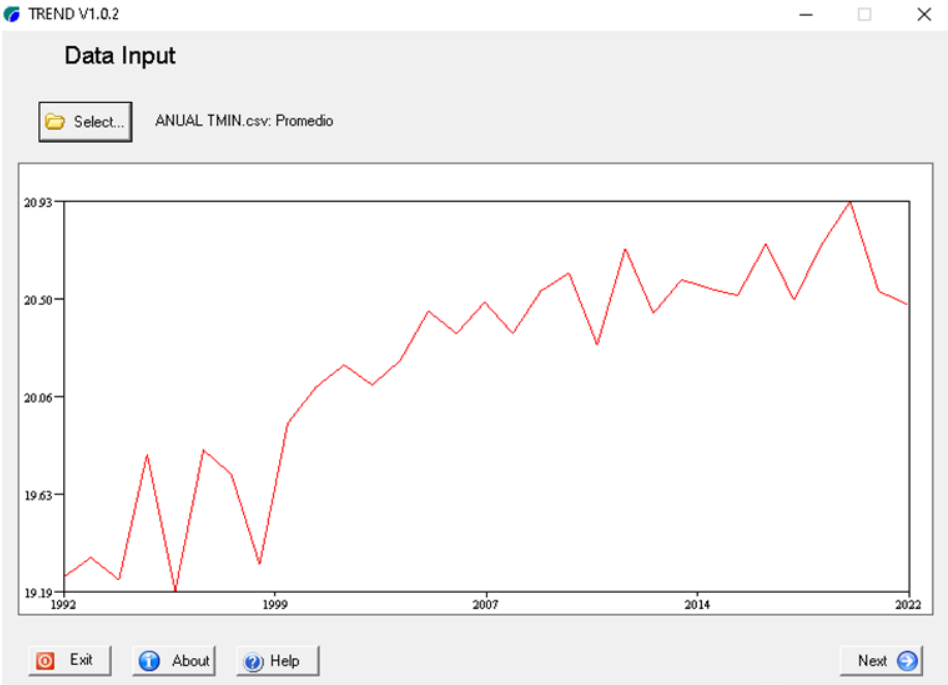

Figura 21. Gráfico de la tendencia de la temperatura mínima anual en el software Trend.

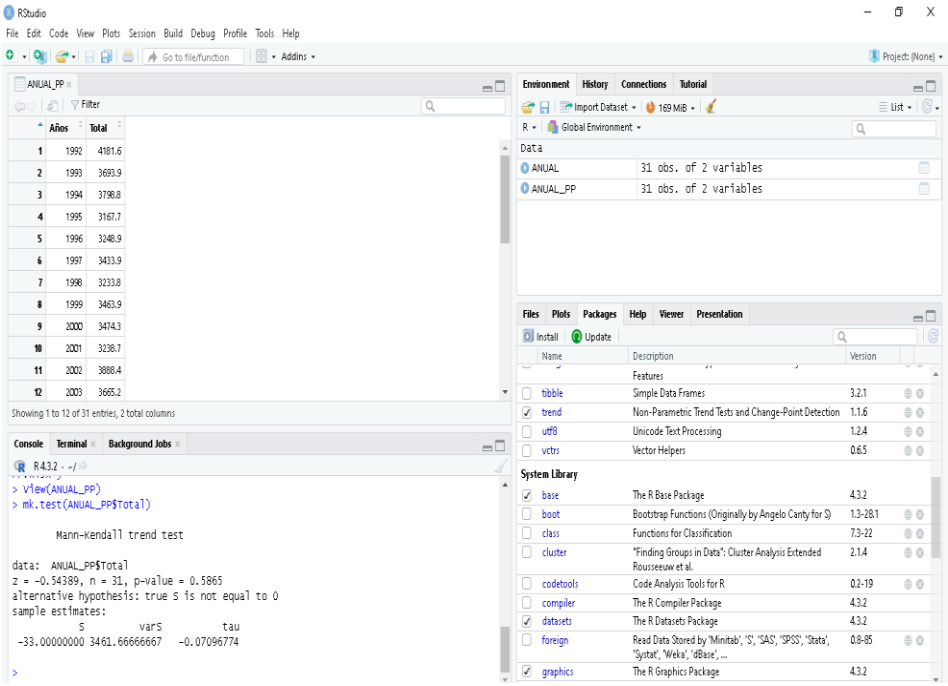

Figura 22. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la precipitación anual.

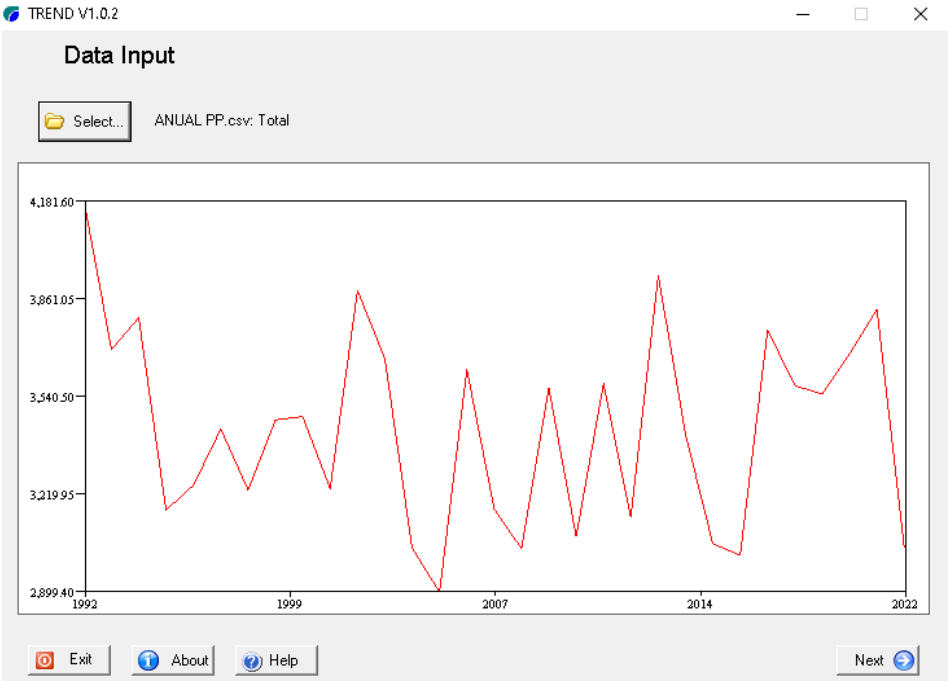

Figura 23. Gráfico de la tendencia de la precipitación anual en el software Trend.

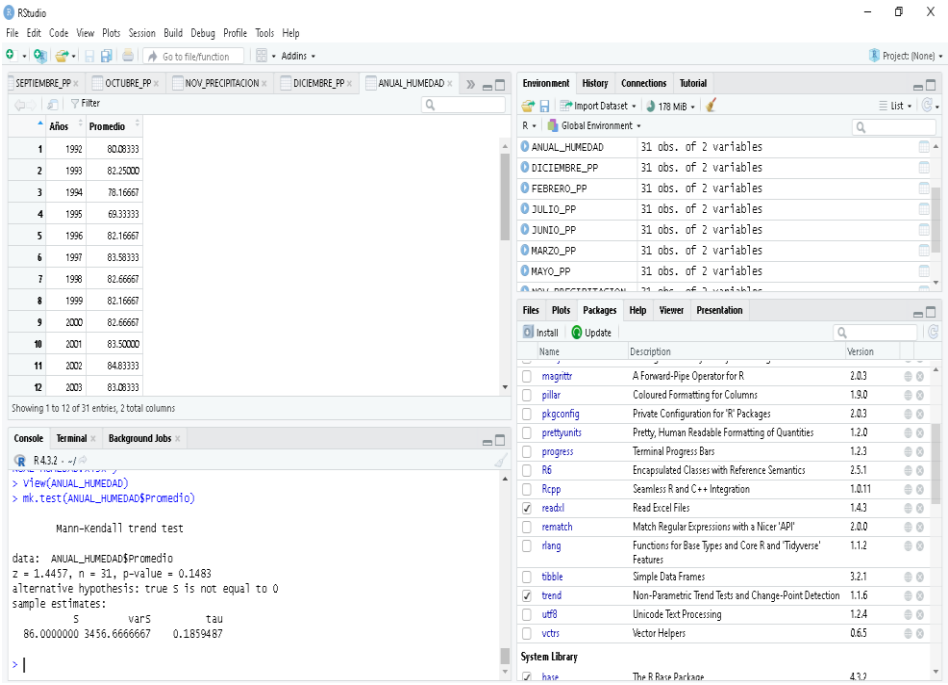

Figura 24. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la humedad relativa anual.

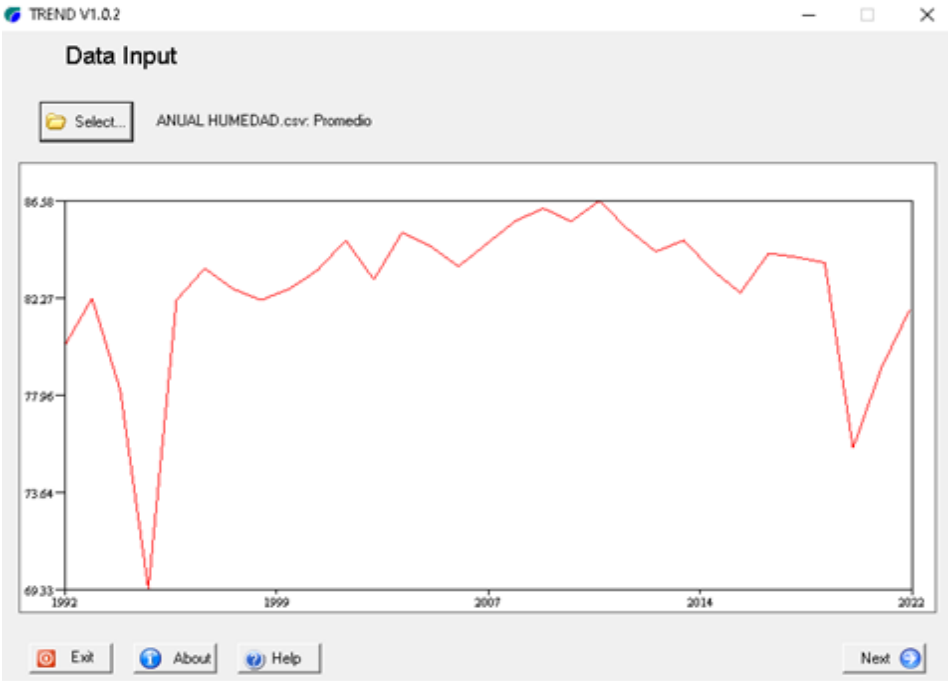

Figura 25. Resultados del test de Mann Kendall en el software Rstudio de la humedad relativa anual.

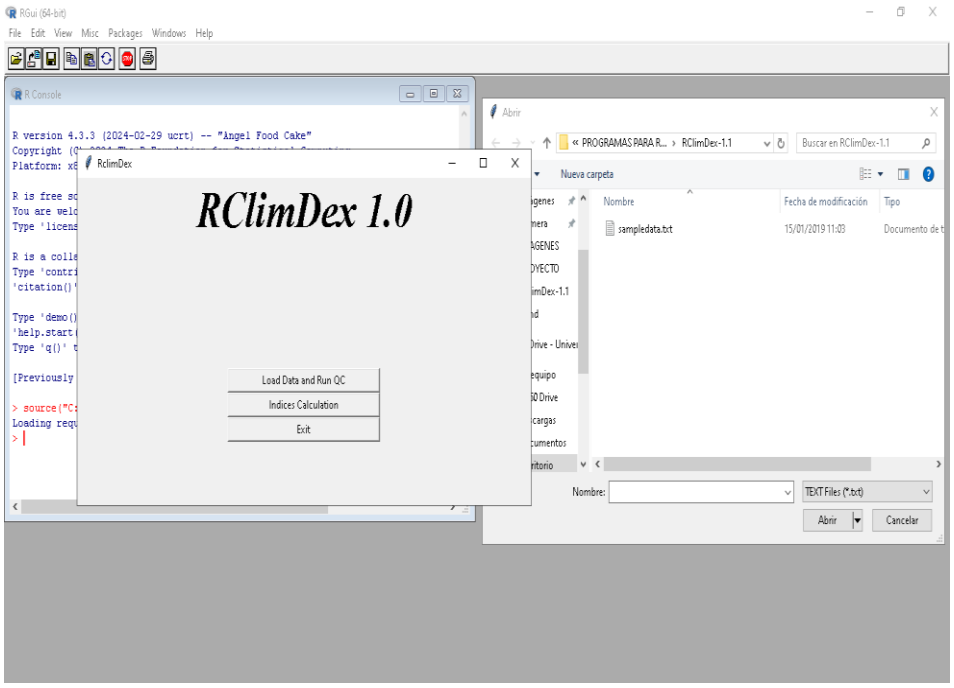

Figura 26. Vista del software RClimdex.

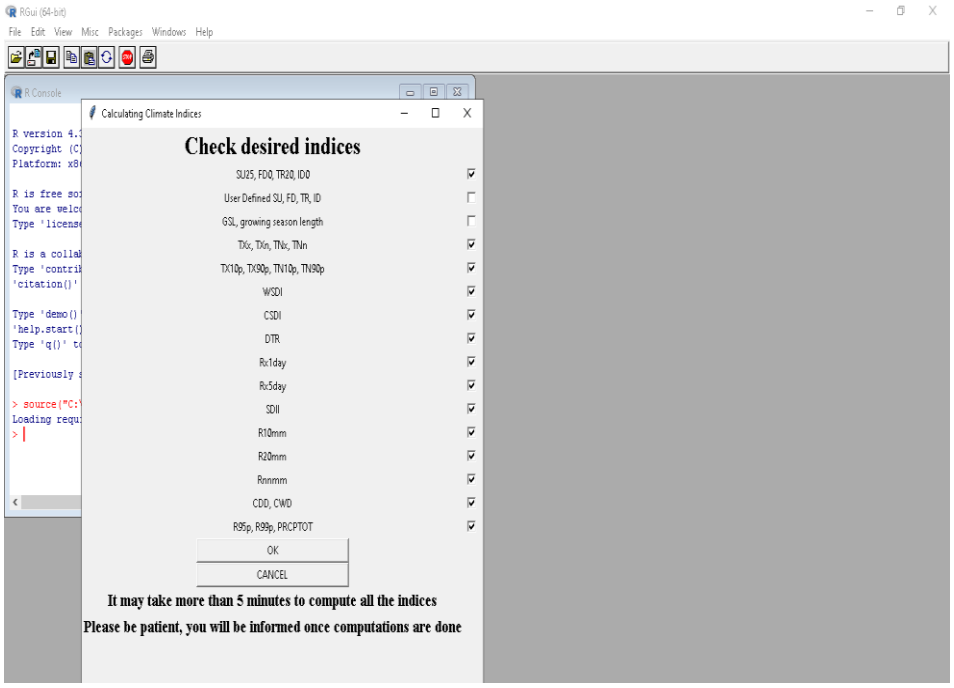

Figura 27. Índices de cambio climático analizados en el software RClimdex.

Figura 28. Vista panorámica de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez.

Figura 29. Medición de las precipitaciones con el pluviómetro.

Figura 30. Medición de temperatura máxima y mínima con los termómetros.

Figura 31. Recolección de datos meteorológicos con el asesoramiento de la Ing. Rosa Huaqui Figueroa.

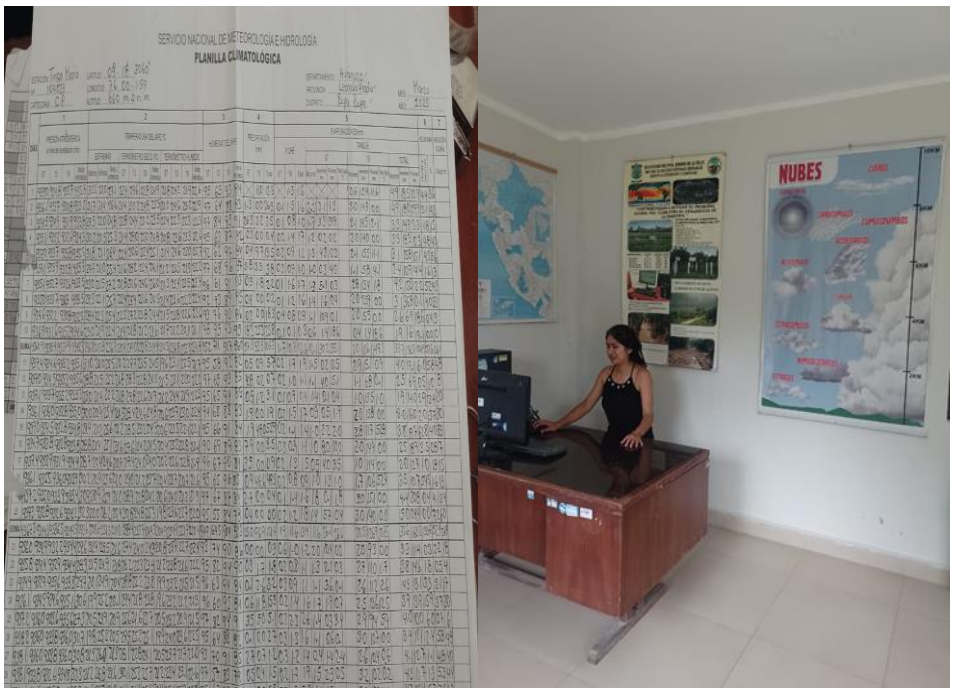

Figura 32. Procesamiento de datos meteorológicos.

Figura 33. Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez.