

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**COMPORTAMIENTO METEOROLÓGICO Y DETERMINACIÓN DE LOS**  
**ÍNDICES CLIMÁTICOS DURANTE EL PERIODO 1990 - 2020 EN TINGO MARÍA**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**LUCIO DANIEL MANRIQUE DE LARA GARCÍA**

**Tingo María – Perú**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Tingo María – Perú

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 014-2022-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 07 de mayo del 2022 a hora 7:00 p. m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

**“COMPORTAMIENTO METEOROLÓGICO Y DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES CLIMÁTICOS DURANTE EL PERIODO 1990 - 2020 EN TINGO MARÍA”**

Presentado por el Bachiller: **MANRIQUE DE LARA GARCIA, Lucio Daniel**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título 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, 31 de mayo de 2022

Ing. M. Sc **JOSE LEVANO CRISOSTOMO**  
PRESIDENTE

Dr. **SEGUNDO CLEMENTE RODRIGUES DELGADO**  
MIEMBRO



Ing. M. Sc. **DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA**  
MIEMBRO

Dr. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ**  
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**COMPORTAMIENTO METEOROLÓGICO Y DETERMINACIÓN DE LOS**  
**ÍNDICES CLIMÁTICOS DURANTE EL PERIODO 1990 - 2020 EN TINGO MARÍA**

<b>Autor</b>	: Manrique De Lara García, Lucio Daniel.
<b>Asesor</b>	: Dr. Manrique De Lara Suarez, Lucio.
<b>Programa de investigación</b>	: Ciencias básicas.
<b>Línea de investigación</b>	: Climatología.
<b>Eje temático</b>	: Variabilidad espacio temporal de los indicadores meteorológicos y climograma.
<b>Lugar de ejecución</b>	: Tingo María.
<b>Duración</b>	: 6 meses
<b>Financiamiento</b>	: Propio.
<b>Monto</b>	: S/. 7348,00

**Tingo María – Perú**



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN  
DOCENTE Y TESISISTA

DATOS GENERALES DE PREGRADO

**Universidad** : Universidad Nacional Agraria de la Selva.

**Facultad** : Facultad de Recursos Naturales Renovables.

**Título de Tesis** : Comportamiento meteorológico y determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tingo María.

**Autor** : Lucio Daniel, Manrique De Lara García.

**Asesor de tesis** : Dr. Lucio, Manrique De Lara Suarez.

**Escuela Profesional** : Escuela profesional de Conservación de Suelos y Agua.

**Programa de investigación** : Ciencias básicas.

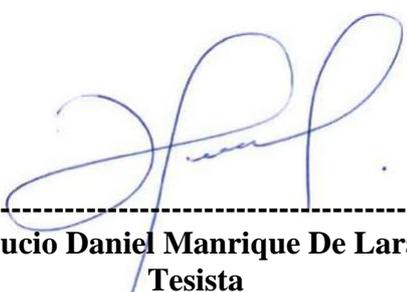
**Línea(s) de investigación** : Climatología.

**Eje temático de investigación** : Variabilidad espacio temporal de los indicadores meteorológicos y climograma.

**Lugar de ejecución** : Tingo María.

**Duración** : Fecha de inicio 04-10-2021  
: Fecha de término 30-03-2022

**Financiamiento** : Recursos propios. S/. 7348,00

  
-----  
Bach. Lucio Daniel Manrique De Lara García  
Tesisista

  
-----  
Dr. Lucio Manrique De Lara Suarez.  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido vivir hasta este día, haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino sobre todo en el camino de mi formación.

Dedico este pequeño paso de mi vida, a los que dado y daré: A mi señor Padre LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ, a quien amo con todo mi corazón, por quien me siento enormemente orgulloso y por quien daría mi vida. también está dedicado con mucho amor a mi Madre ELENA GARCÍA CIENFUEGOS, quien me enseñó que incluso la tarea más grande de la vida se puede lograr si se hace un paso a la vez.

Con infinito amor y eterna gratitud dedico estas páginas a TATIANA mi pareja, gracias a ella porque en todo momento fue un apoyo incondicional en mi vida, fue la felicidad encajada en una sola persona, fue mi todo reflejado en otra persona a la cual yo amo demasiado, y por la cual estoy dispuesto a enfrentar todo y en todo momento.

A mi hermana Cinthya Graciela, aunque muchas veces pareciera que estuviéramos peleando, hay momentos donde el fuego desaparece y nos unimos en una sola persona para poder alcanzar todos nuestros objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez. Eres quien guía el destino de mi vida.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad de realizarme como profesional.
- A la Facultad de Recursos Naturales Renovables, y así mismo a la Escuela Profesional de Conservación de Suelos y Agua, trabajadores y a todos mis profesores, por su apoyo incondicional durante toda mi formación superior.
- A los miembros del jurado: Ing. M. Sc. José Dolores Lévano Crisóstomo, Ing. M. Sc. David Prudencio Quispe Janampa, Dr. Segundo Clemente Rodríguez Delgado, por sus sugerencias, correcciones y aportaciones en la conducción del presente trabajo de investigación.
- A mis Padres Lucio Manrique De Lara Suarez y Elena García Cienfuegos por acogerme y ser los mejores padres del mundo y estar conmigo incondicionalmente, gracias por que sin ellos y sus enseñanzas no estaría aquí ni sería quien soy ahora, quienes se merecen este reconocimiento, profundamente personal y de un valor inmenso, al menos para mí.
- A mis abuelitos Mamá Amabilia y Papá Carlos, que son ellos unos pilares en mi vida y ahora Dios me los tiene en su gloria, muchas gracias por todo, sus enseñanzas y momentos vividos, son unos ángeles en mi vida y sé que se encuentran muy orgullosos de su nieto y desde donde estén me bendicen.
- A tíos y demás familiares quienes de alguna u otra manera fortalecieron a mi familia dándome los consejos y la oportunidad de culminar mi carrera profesional.

- A mis hermanas y hermanos: Cinthya Graciela, Rosario Claribel, Lucia Aranza, Lucio Liam, porque gracias a ellos sé lo que es la amistad verdadera, valor importante en mi vida, gracias por estar conmigo en estos años, por darme cariño, aconsejarme, regañarme, compartir risas y llantos en todo este tiempo, por siempre darme su apoyo y amor; además de “darme siempre una manito” cuando lo he necesitado, la mejor familia que me pudo haber tocado y ser mis hermanos.
- A Tatiana por ser quien es y formar parte de mí, quien me brindó su amor. Su cariño, comprensión y paciente espera que pudiera terminar el grado son evidencias de su gran amor. ¡Gracias!
- A la Sra. Yuliana y al Sr. Moisés por su apoyo incondicional y grandes consejos de la vida que los llevaré presente.
- A mis amigos de la universidad: Eduardo torres Arcos y Gerson Soto Sabino. por darme la confianza, la amistad y el apoyo incondicional al compartir tiempo, conocimientos y experiencias.
- A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron significativamente en la realización y culminación del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes .....	3
2.2. Clima .....	5
2.2.1. Precipitación.....	6
2.2.2. Temperatura .....	8
2.2.3. Humedad atmosférica.....	11
2.3. Índices climáticos.....	12
2.3.1. Evapotranspiración.....	12
2.3.2. Índice de mediterraneidad de Rivas-Martínez .....	14
2.3.3. Índice de humedad de Thornthwaite (IH) .....	14
2.3.4. Índices de continentalidad compensados por la latitud.....	15
2.3.5. Índices de continentalidad.....	16
2.3.6. Índices de aridez.....	17
2.3.7. Índice de termicidad de Rivas – Martínez.....	18
2.3.8. Índice de Fournier modificado .....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1. Lugar de ejecución .....	21
3.1.1. Descripción de la zona en estudio.....	21

3.1.2.	Ubicación geográfica .....	21
3.1.3.	Características climáticas .....	22
3.1.4.	Fisiografía .....	22
3.1.5.	Zonas de vida .....	22
3.2.	Material y métodos.....	22
3.2.1.	Materiales de escritorio .....	22
3.2.2.	Software requerido .....	23
3.3.	Metodología .....	23
3.3.1.	Generalidades de la investigación.....	23
3.3.2.	Unidad del estudio.....	24
3.3.3.	Metodologías y técnicas de desarrollo del estudio.....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1.	Precipitación, temperatura y humedad relativa durante el periodo 1990 – 2020 en Tingo María.....	27
4.2.	Tendencias del comportamiento climático según las variaciones de las temperaturas, precipitación y humedad relativa en 03 décadas y su proyección al 2050 en Tingo María.....	31
4.3.	Los índices climáticos de Tingo María .....	37
V.	CONCLUSIONES .....	40
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	41
VII.	REFERENCIAS.....	42
	ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
1. Valores de humedad según el índice de Thornthwaite (1948). .....	14
2. Valores del índice de Conrad y Gorezynski .....	16
3. Valores del índice de Currey. ....	16
4. Índice de aridez según Lang .....	17
5. Índice de aridez según De Martonne. ....	18
6. Tipos de termicidad .....	19
7. Índices que determinan la agresividad y concentración de precipitaciones. ....	20
8. Estadísticos descriptivos de la precipitación en el periodo 1990 – 2020 de Tingo María. ....	27
9. Estadísticos descriptivos de la temperatura en el periodo 1990 – 2020 de Tingo María. ....	29
10. Estadísticos descriptivos de humedad relativa en el periodo 1990 – 2020 de Tingo María. ....	30
11. Índices climáticos de Tingo María. ....	38
12. Datos de la precipitación de Tingo María. ....	47
13. Datos de la temperatura máxima de Tingo María. ....	48
14. Datos de temperatura mínima de Tingo María. ....	49
15. Datos de la temperatura media de Tingo María. ....	50
16. Datos de la humedad relativa de Tingo María. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez de Tingo María. ....	21
2. Comportamiento de la precipitación por décadas de Tingo María. ....	32
3. Comportamiento de la temperatura máxima por décadas de Tingo María. ....	32
4. Comportamiento de la temperatura media por décadas de Tingo María. ....	33
5. Comportamiento de la temperatura mínima por décadas de Tingo María. ....	33
6. Comportamiento de la humedad relativa por décadas de Tingo María.....	34
7. Climograma de las tendencias de precipitación, temperatura con proyección al 2050 .....	36
8. Tendencias de humedad relativa con proyección al 2050 de Tingo María. ....	36
9. Procesando información. ....	52
10. Limpieza de la garita termopluviométrica.....	52
11. Recolección de datos con el encargado Santos Inocente Morán Feria.....	53
12. Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez, Tingo María. ....	53

## RESUMEN

El comportamiento de la variabilidad climática se presenta en diferentes escalas de tiempo, no hay estaciones climáticas marcadas durante el año en Tingo María, por lo tanto, se realizó un estudio con el objetivo de caracterizar el comportamiento meteorológico y la determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tingo María. Dicho estudio se realizó con los datos obtenidos de los registros de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez de Tingo María, durante el periodo de 1990 a 2020, donde se analizaron las siguientes variables temperatura, precipitación, humedad relativa, evapotranspiración por el método Thornthwaite, índices de mediterraneidad de Rivas-Martínez, índice de humedad de Thornthwaite (IH), índices de continentalidad de Gorezynski (1920), índice de continentalidad de Currey (1974), índice de oceanidad de Kerner, índice de aridez de Lang, índice de aridez según De Martonne, índice de termicidad de Rivas – Martínez, índice de Fournier modificado. Como resultado la temperatura está en incremento, la precipitación consta de incremento y decremento por décadas y la humedad relativa incrementa paulatinamente, los índices climáticos para Tingo María son: evapotranspiración 1366,19 mm/añual, el índice de mediterraneidad no es mediterráneo, pertenece al clima hiperhúmedo, el índice de continentalidad son hiperoceánicos, el índice de aridez indica húmedas de grandes bosques, finalmente el índice de termicidad es de tipo termicidad Cálido con subtipo Tórrido.

**Palabras clave:** Temperatura, precipitación, humedad relativa, índice climático, variabilidad.

## ABSTRACT

The behavior of climatic variability is presented in different time scales, there are no marked climatic seasons during the year in Tingo María, so a study was conducted with the objective of characterizing the meteorological behavior and the determination of climatic indexes during the period 1990 - 2020 in Tingo María. This study was carried out with data obtained from the records of the José Abelardo Quiñonez meteorological station in Tingo María, during the period from 1990 to 2020, where the following variables were analyzed: temperature, precipitation, relative humidity, evapotranspiration by the Thornthwaite method, Rivas-Martínez Mediterranean index, Thornthwaite humidity index (HI), Gorezynski continentality index (1920), Currey continentality index (1974), Kerner oceanity index, Lang aridity index, De Martonne aridity index, Rivas-Martínez thermicity index, modified Fournier index. Consequently, temperature increases, precipitation increases and decreases over decades and relative humidity gradually increases. The climatic indexes for Tingo Maria are: evapotranspiration 1366.19 mm/year, the Mediterranean index is not Mediterranean, it belongs to the hyper-humid climate, the continental index is hyper-oceanic, the aridity index indicates large humid forests, and finally the thermicity index is of the warm thermicity type with a torrid subtype.

**Keywords:** Temperature, precipitation, relative humidity, climatic index, variability.

## I. INTRODUCCIÓN

La evaluación del potencial agrícola de una zona depende en gran medida de la disponibilidad de datos climatológicos adecuados. Tales datos constituyen un elemento indispensable en la zonificación y caracterización bioclimática de los cultivos, así como en las expresiones fenológicas de las especies vegetales y animales, estas últimas son un factor biótico que se correlaciona directamente con el régimen climatológico (Villalpando y Ruiz, 1993).

Tingo María posee un clima tropical, donde en los meses del año hay precipitaciones importantes, por el comportamiento de la variabilidad climática que se presenta en diferentes escalas del tiempo. Para las latitudes medias las estaciones del año son más diferentes dando una variabilidad climática, mientras que en las latitudes tropicales son conocidas las secuencias periódicas de temporadas secas y lluviosas en la cual se basa gran parte de las actividades agropecuarias.

Sobre el comportamiento climático en los últimos años, han venido tocando temas de clima relacionado con la agricultura y la ganadería. Para generar información direccionada por ejemplo agrícola, entonces se desprende la necesidad de generar información agroclimática producida en las áreas de estudio en forma detallada y coherente, la cual apoya los resultados obtenidos de las tecnologías e investigación aplicada. En este sentido se han creado determinados índices bioclimáticos con el fin de mostrar el comportamiento productivo y vegetativo de los cultivos (Ometo, 1981).

Al desconocimiento de las características climáticas y aún peor para determinados cultivos específicos de Tingo María, lo cual se vio necesario y se ha generado la interrogante de querer conocer las características climatológicas de Tingo María ¿existirá el incremento o decremento del comportamiento meteorológico y determinar los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tingo María?

Para el presente estudio, se desarrolló con los datos de precipitación total o acumulado anual en (mm), temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media en (°C) y humedad relativa o atmosférica en porcentaje (%), tomado los registros de la estación termoplumiométricas José Abelardo Quiñonez en el periodo de 1990 – 2020, un total de 30 años.

Dicha ubicación está en la Universidad Nacional Agraria de la Selva carretera central km 1,21 de la ciudad de Tingo María.

### **Objetivo general**

- Caracterizar el comportamiento meteorológico y la determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tingo María.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar la precipitación, temperatura y humedad relativa durante el periodo 1990 – 2020 en Tingo María.
- Determinar las tendencias del comportamiento climático según las variaciones de las temperaturas, precipitación y humedad relativa en 03 décadas y su proyección al 2050 en Tingo María.
- Determinar los índices climáticos de Tingo María.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

Según Muñoz (2012) titulada “Caracterización edafoclimática de la microcuenca río Bella - Tingo María” con el objetivo de realizar la caracterización edafoclimática de la microcuenca del río Bella. Para lograrlo se desarrolló 9 (nueve) puntos de muestreo mediante calicatas en el CP Bella para su respectiva caracterización y también se determinaron los índices climáticos. Concluyendo que la clasificación de suelo de Bella son suelos con cultivo permanente (1,54%) con condición agrológica media con limitación de suelo e inundación, suelos para pastura (11,75%) con condición agroecológica media con limitación por suelo y erosión, suelos para producción forestal (59,27%) con condición agrológica media con limitación por suelo y suelos para protección (27,44%) con calidad agroecológica baja, y también determinando índices climáticos.

Según Lale (2008) titulado “tendencias de la temperatura, precipitación y humedad relativa en Tingo María para el periodo 1940-2007”, con el objetivo de determinar el comportamiento y la tendencia de temperatura, precipitación y humedad relativa en el periodo 1940-2007 en Tingo María. Para lograrlo adquirió a los registros históricos de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez del periodo 1940-2007 de Tingo María los atributos de acumulación de lluvias, temperaturas y humedad de masa de aire. Concluyendo que la irregularidad de la temperatura máxima mensual positiva define los meses más cálidos, en 1943 y 1944 se presentaron anomalías positivas en los meses de julio-diciembre y de marzo-junio en los periodos de estudio, representan con datos de anomalía (-3,41 a 3,54 °C). También presentaron anomalías en las temperaturas mínimas que definen los meses más friolentos, que presentaron en 1941 - 1949 fueron en los meses de enero - diciembre, con datos de -4,06 a 1,84 °C. Luego en el atributo de la precipitación presentaron las desviaciones positivas que definen los meses lluviosos y se presentaron en los años de 1981 y 1982 de octubre a diciembre y de enero-marzo y las anomalías negativas definen los meses poco lluviosos que presentaron en 1954 y 1988 de junio a agosto, con rangos de -94,2mm. a 182,6mm.

Según Dávila (2018) titulada “Características climáticas y balance hídrico de la microcuenca Challana, Chinchao – Huánuco” con el objetivo de conocer las características

climáticas y balance hídrico de la microcuenca Challana, Chinchao – Huánuco. Para lograrlo primero identificaron las propiedades físicas edáficas de la microcuenca Challana, segundo se determinaron las condiciones del clima con el índice climático. Concluyendo dicha microcuenca cuenta con 90,0 hectáreas aproximadamente, por la pendiente que presenta consta mayor velocidad de agua superficial y poca capacidad de infiltrar, tasa de infiltración se evaluaron en tres sistemas, purma 5,14 mm/h, bosque 4,59 mm/h y pasto 2,35 mm/h. Buen drenaje en purma, bosque e imperfectos en los sistemas de pasto. Resistencia a la penetración del suelo con media de 1,8 kg/cm<sup>2</sup>, con 1, 3 y 5 años son suelos compactos y mayor a 30,0 años tienen una resistencia de suelos suaves. Respecto a la textura su dominancia es franco arcilloso arenoso. También se realizó los índices climáticos y podemos mencionar un clima húmedo-per húmedo de grandes bosques con influencia oceánica – continental.

Según Manrique De Lara (2018) titulado “Relación entre los parámetros meteorológicos durante el periodo 1947-2016 con el comportamiento climático en Tingo María” con el objetivo de relacionar los parámetros meteorológicos durante el periodo 1947 – 2016 con el comportamiento climático en Tingo María. Para lograrlo se adquirió a los registros históricos de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez, luego se recorrió a la tabulación, análisis y descripción del contenido (resultado). Concluyendo la temperatura media, oscila entre  $24,32 \pm 0,92$  °C entre la década 1967 a 1976 y  $25,25 \pm 0,92$  °C entre la década 2007 – 2016, evidentemente con incrementos, mostrando un cambio del clima en Tingo María. Las temperaturas máximas promedios oscilan entre  $29,34 \pm 0,69$  °C entre los años 1987 a 1996 y  $30,03 \pm 0,69$  °C entre los años 2007 a 2016 indicando periodos calurosos, en relación a las temperaturas mínimas promedios oscilan entre  $19,06 \pm 1,42$  °C entre los años 1947 a 1956 y  $20,48 \pm 1,42$  °C entre los años 2007 a 2016, indicando los meses más fríos de la década. Sin embargo, la precipitación mensual promedio consta de una tendencia muy fuerte de  $250,82 \pm 98,39$ mm entre los años (1957 a 1966) y  $309,21 \pm 98,39$ mm entre los años (1977 a 1986). La humedad relativa atmosférica incrementó de 70,54% entre los años (1957 a 1966) a 85,03% entre los años (2007 – 2016) con incremento de 14,49 % entre décadas. En cuanto a la proyección al año 2050 los resultados incrementan con variación significativa, en la temperatura mínima especialmente.

En el informe de Vargas (2009) titulado “El cambio climático y sus efectos en el Perú” el material descrito informa en forma general sobre los fenómenos que ocurren de cambio del clima, que estas características engloban y se relacionan entre sí, enfocándose en el análisis que suscitan en el impacto económico a nivel nacional e internacional. En cuanto a nivel

nacional, a partir del marco teórico planteado por Dell, Jones y Olken (2008) cuantificando las consecuencias sobre el crecimiento a partir de proyección climática al 2050.

## 2.2. Clima

Los informes más vistos sobre el impacto global del cambio climático se consideran con carencias de pérdida hasta el 20,0% del Producto Bruto Interno a nivel mundial, con incrementos de temperatura sobre 5 °C. Los países más perjudicados ante este cambio climático encontramos a África, el Sur y Sur-Este de Asia y América Latina; sin embargo, los países como la república de China y EE.UU. reciben menor pérdida ante el cambio climático, pero en los registros llevan una mayor aportación en la acumulación de GEI (Gas de efecto invernadero). Tyndall Center (2003), el estado Peruano según datos estaría entre los diez países con mayor vulnerabilidad por los eventos de impacto climático, a ello también se suman como Honduras, Bangladesh y Venezuela. Esta susceptibilidad está asociada a todos los sectores, pero íntimamente está asociada al sector agrario, pesca porque es más sensible a los cambios climáticos.

El estado peruano percibe una gran sensibilidad ante las oscilaciones climáticas que presentan drásticamente, siendo con evidencia históricamente, ante la pérdida económica que implican como el fenómeno del Niño. Como también, bajo un contexto pasivo las consecuencias del cambio del clima empeorarían siendo mayores, incrementando los efectos potenciándose con otros mecanismos y afectando destructivamente el desarrollo; como por ejemplo la disminución o escases del recurso hídrico (consumo humano y generación energética) esto se debería a la pérdida glaciaria, porque se afectaría en gran escala la productividad primaria como es la agricultura y la pesquería por el producto del incremento de temperatura, también serían afectados la biodiversidad, y la salud humana (Vargas, 2009).

El clima la ciudad de Tingo María tiene las siguientes características climatológicas en la estación meteorológica José Abelardo Quiñones de dicha ciudad, en el periodo 1947 al 2016 en el estudio desarrollado el comportamiento climático de Tingo María, existen oscilaciones térmicas, humedad relativa y pluviométrica que indican cambio del clima, las temperaturas máximas han incrementado de 29,34 hasta los 30,03 °C en ese periodo con una diferencias de 0,69 °C, respecto a la temperaturas mínimas que oscilan entre 19,06 hasta 20,48 °C con variaciones de 1,42 °C. La temperatura media, varía en un promedio de 24,32 hasta 25,25 °C con una variación de 0,92 °C, evidentemente la existencia de cambio del

clima. La precipitación varía fuertemente de 250,82 hasta 309,21 mm con variaciones de 98,39 mm. La humedad atmosférica incrementó, de 70,54 hasta 85,03 % con variaciones de 14,49%. Los tres atributos con proyección al 2050 incrementan severamente (Manrique De Lara, 2018).

### **2.2.1. Precipitación**

Las características de la precipitación en Tingo María han sido tratadas en diferentes tesis por Lale (2008), Manrique De Lara (2018) y Muñoz (2012). Estos autores manifiestan que, al ingresar a la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Amazónica con climas tropicales, altas temperaturas, constante humedad atmosférica y abundantes precipitaciones concentradas que superan a 3300 mm por año, generando la mayor parte de la lluvia que cae sobre el área de la cuenca Huallaga. La cuenca Huallaga consta de variaciones macroclimáticas en la región, porque los regímenes de lluvias no están determinados, porque el área de ocurrencia de eventos es de humedad muy alta, porque se muestran las corrientes de aire caliente y de humedad que provienen de los cinturones de alta presión ubicados de la zona subtropical que originan a inmensas masas húmedas de aire llamadas (nubes) y una abundante de lluvia; también existen horas, días muy variantes porque en la mañana podría estar un día soleado y en la tarde del mismo día podría estar con lluvias torrenciales.

Los comportamientos de las variaciones de la lluvia de la región influyen también en el impacto local por ejemplo el viento, porque influyen la presencia de ocurrencia de otros eventos o procesos meteorológicos, determinando los periodos de altas precipitaciones así también los días nublados. Sin embargo, está asociada a otros parámetros meteorológicos para su producción, pero no son absolutamente determinantes (Eslava, 1994).

La acumulación de lluvia que se descarga sobre la montaña determinada está conformada por un volumen que sucedería sin la presencia de bosques y el fruto de la convección, de la convergencia ciclónica y de una componente debida a la orografía, por la intensidad de los sucesos sobre los bosques, así como también la eficiencia de ascender el aire sobre el suelo (Barry, 1992).

Los parámetros climatológicos como precipitación y temperatura del ambiente, así mismo de ser las variables más utilizadas, esquematizan el funcionamiento climatológico de una localidad (región). Por lo tanto, en el presente estudio se muestra describir esenciales

atributos de la precipitación y la distribución de temperatura del ambiente a 2,0 metros de la superficie (suelo). El interés primordial de este trabajo es lograr obtener datos relevantes del desarrollo para llevar a cabo una comparación del clima en simulación con los modelos climáticos ya sean intrínsecas o extrínsecas de un área (Pabón-Caicedo et al., 2001).

En el estado colombiano, que la mayoría de su área es amazónica con variedad de climas, hasta microclimas, por otra parte, también la región Andina con variedad de climas. Áreas con estas características es difícil mencionar o generalizar en gran escala, por lo tanto, los resultados se muestran por áreas determinadas o locales, bajo esta consideración también se mostrarán pequeñas variaciones que requieran mérito en ciertas condiciones (Pabón-Caicedo et al., 2001).

#### **2.2.1.1. Tendencia de la precipitación**

Se muestran informaciones que indican sobre el cambio climático a escala general, lo cual se toma con gran interés para todos los países del mundo entero, considerando ciudades de gran desarrollo como Lima. Los profesionales en materia sugieren que, para que haya un indicador de cambio del clima, es mejor evaluar, analizar el comportamiento de los parámetros climáticas, tomado en consideración variables como tiempo y espacio.

El termino tendencias significa que, en las variables, parámetros o propiedades estudiadas con el tiempo se comportan cambios graduales ya sean positivo o negativos, incremento o decremento, máximo o mínimos en este caso asociada a factores de clima. No solo ahora se estudia, se ha estudiado desde el siglo XIX, se ha hecho grandes estudios para tener claro sobre el incremento o decremento del cambio del clima cada uno en su ámbito, por ejemplo, citaremos uno de ellos que analizó las tendencias de precipitación Bradley et al. (1987).

La heterogeneidad o variación climática se hace notar cada vez más; la mayoría indica que el almacenamiento de gases invernadero en la atmosfera de la tierra, es por el fruto de la actividad humana, que ha generado el incremento de la temperatura del aire y el agua del mar, también se menciona que los cambios vienen por los procesos naturales. Como efecto, se presentaron cambios de clima en los últimos eventos en todo el mundo, los datos históricos incrementaron y ello trajo consecuencia el cual han sido asociados al calentamiento global (Bradley et al., 1987).

Hacer estudios de la variación del clima de la región es de mucho valor significativo, conocer cada zona y proponer mediante los datos ya conocidos y proponer los recursos para cada zona de la región; porque es muy complicado evaluar la variabilidad y los mecanismos de cambio que se dan cada zona. La forma global es mucho más simple, porque interpreta medias o promedios ya sea mensual o anual en forma general de una región como precipitación o temperatura (Ayllón, 2003). Las lluvias cambian progresivamente de una zona a otra, la distribución de la precipitación indica en gran escala el dominio del clima de una zona para el cultivo de tierra (FAO, 1978).

#### **2.2.1.2. El clima en la amazonia**

Los atributos universales climáticas de la Amazonía son características de climas tropicales con elevadas temperaturas, permanente humedad relativa y exceso de precipitación durante el verano.

Los atributos climatológicos cambian con la variable altitud, entonces el clima de ceja selva se encuentra entre los 1000,0 a 3900,0 msnm, el clima de selva alta se encuentra entre los 400,0 a 1000,0 msnm. y los climas de selva baja se encuentran entre 70,0 a 400,0 msnm.

La región amazónica, la selva alta se encuentra entre los climas tropicales de 400,0 a 1000,0 msnm, las regiones amazónicas presentan características variables de temperatura del día y noche, sin embargo, esta es inferior a la ceja de selva.

Como las características de Tingo María, de día es bochorno y las noches más frescos, tomaremos como ejemplo la ciudad de Tingo María, Naranjillo y Castillo Grande, que se ubican muy cerca al río Huallaga, porque el decremento nocturno de temperatura ayuda la condensación de humedad relativa en forma de pequeñas partículas de rocío. Podemos dar datos por ejemplo la temperatura promedio anual es de 24,5 °C (Peñaherrera, 2004).

#### **2.2.2. Temperatura**

El universo en general depende de la radiación solar el cual controla principalmente la temperatura del medio ambiente, porque la temperatura está muy asociada con la naturaleza y la superficie del suelo, sin embargo, poca influencia existe entre los otros parámetros climáticos como diferencias entre tierra y agua, altitud y vientos dominantes. (Elías y Castellvi, 2001).

La mayor parte de radiación solar percibida, en todas las regiones del mundo, se diferencia las horas del día con las cuatro estaciones del año y la latitud. Estas manifestaciones presentan cambios en la temperatura. También podemos mencionar que la variación de la temperatura se da en función a la altitud. Sin embargo, atribuyen parámetros en la variación de la temperatura como: La variación diurna, distribución latitudinal, variación estacional, tipos de superficie terrestre y la variación con la altitud (Nimbus, 2011).

### **2.2.2.1. Variación temporal de la temperatura del aire**

Los parámetros mencionados muestran variación temporal y espacial, porque modifican y son: ciclos climáticos, onda térmica como diurna y anual (García, 1994).

- La variabilidad del horario durante las 24 horas, también se conoce como: fase diurna de temperatura u onda térmica diurna.
- El proceso mensual durante los 12 meses del año, conocido como etapa anual de temperatura u onda térmica anual.
- Secuencia multianual, el cual se sintetizan las etapas climáticas.
- Secuencia mensual-anual el cual requiere saber las etapas climáticas estacional.

Si se desea conocer las temperaturas que describen el clima de una zona se debe acudir a las medias conocidos como “temperatura normal”, que son indicadores importantes en climatología que es de mucha ayuda para el estudio, de comparación y clasificación del clima porque son las temperaturas promedias, por lo tanto, el cual se debiera registrar. La región amazónica tropical conociendo la variación existente, el mínimo de observaciones de una década para determinar la temperatura normal.

La temperatura normal mensual es la que se recoge mensualmente y se registra por mes. Este dato se consigue sacando el promedio de los datos mensual de la variable, por ejemplo, de una serie de varios años se divide entre el número de años, por lo tanto, se trabaja con los datos del mes que se quisiera obtener (diciembre). Con los otros meses faltantes se realiza de la misma forma, al final se mostrará los meses más fríos y cálidos de la región.

La temperatura normal anual es la que se recoge mensualmente y se registra anualmente. Se calcula realizando la sumatoria y haciendo el promedio de la temperatura

media anual entre el número de años de la serie. Este valor obtenido se le conoce como temperatura histórica.

En la cobertura vegetativa esta es afectada siempre y cuando el valor de la temperatura es mayor en amplitud de luz. La presencia de los elementos como la precipitación, nubosidad, evaporación y condensación participan en la variación climática diaria de la temperatura (Valdivia, 1977).

Una de las características que alteran la temperatura del medio son las nubes o masas de aire provocando cambios despreciables de temperatura en la amazonia alta, que estas se conocen o dan resultados bruscos de temperatura para Madre de Dios, Ucayali, Iquitos y Leoncio Prado. Esto tarda muy pocos días, porque no dura mucho la masa de aire frío en la superficie. Este se hace conocer con mayor amplitud en el mes de junio. Ahora se conoce el frío casi todo el año, pero no todos los días, sino días muy particulares del año (Peñaherrera, 2004).

#### **2.2.2.2. Variación anual de la temperatura**

La variación de los meses entre calor y frío en temperatura consta a latitudes más altas, igual latitud encima de los continentes, pero diferente en los océanos. Entre los regímenes anuales de temperatura se consideran: tipo continental, marítimo, monzónico, ecuatorial.

La Tierra gira al contorno del Sol. Elípticamente únicamente al año, en ella existen 4 estaciones del año: verano, otoño, invierno y primavera. También a ello hay que agregar el eje de rotación que está con inclinación respecto al plano elíptico; por ello se modifica los ángulos de direcciones de rayos solares, varían por cada hemisferio. Para conocer la diferencia es suficiente 6 meses. El régimen térmico del año se conoce al rededor del solsticio de invierno. Los hemisferios norte y sur se diferencian por la temperatura en los meses de junio, julio y agosto porque el norte es más cálido, porque está más cerca al sol (Elías y Castellvi, 2001).

#### **2.2.2.3. Variación diaria de la temperatura**

La temperatura se eleva prontamente hasta dos o tres horas, hasta llegar su elevación máxima, luego la luz solar es más leve que la radiación emitida. Más tarde la radiación va

disminuyendo y en la noche registra mínimamente vuelve otra vez hasta la salida del sol. Las variaciones de las temperaturas diarias no alteran ningún cambio entonces este dependerá de los siguientes factores:

- Del estado del cielo, es porque el cielo está cubierto por nubes y el reflejo de la radiación no traspasa, llega, pero muy poco es mínima.
- De la estabilidad del aire, si hay una inversión, es numeroso, porque la capa de aire al calentarse es mínima y la temperatura se sube muy rápido hasta romper la inversión.
- De la naturaleza de la superficie, la oscilación diaria en el agua es menor, en el mar, lagunas, pero en cambio sobre el suelo es mayor. Y en la noche la variación es inmersa.

La variación de temperatura entre el día y la noche es provocada por la rotación. La temperatura en la superficie durante el día la radiación es mayor, y la temperatura durante la noche es menor por la falta de la radiación, es ahí donde se enfría la superficie. Nuevamente hasta la salida de la radiación (Elías y Castellvi, 2001).

### **2.2.3. Humedad atmosférica**

La humedad relativa o atmosférica muestra el vapor de agua que existe en el aire. Sin embargo, se menciona a mayor temperatura se forma aire caliente, y ese aire caliente contienen mayor humedad que el aire frío. La expresión de esta variable (humedad relativa) es en porcentaje (%) el contenido de agua en el aire. La humedad absoluta es el contenido de agua en el aire caliente en una determinada área de volumen en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ). Otro detalle se llama saturación a una cantidad de agua en el aire que ya no puede estar incrementando por lo tanto ese contenido de agua pasa a otro estado llamado líquido y se convierte en lluvia.

La observación y el resultado de los modelos climáticos, del efecto calentamiento provocado antropogénicamente a nivel global está pronunciándose sobre ella. Sin embargo al provocar el calentamiento incrementa la capacidad del contenido humedad de la atmosfera. Y esto provoca mayor cantidad de volumen en los mares por décadas iniciando desde 1988, la secuencia natural no se puede explicar fácilmente sobre este cambio. Esta explicación más se

inclina a causa antropogénica, el hombre ha provocado con diferentes actividades como ganadería, agricultura, fábricas y otros provocando concentración de gases de efecto invernadero.

En los últimos siglos en la amazonia de selva alta, como ejemplo mencionamos a Tingo María, existiendo un cambio incrementado la temperatura y la variación de precipitación con etapas de friaje y la carencia de algunas variables según los informes de SENAMHI, los datos se han obtenido mediante equipos satelitales en relación con factores ambientales, y estas temas de relevancia para la calidad de vida como por ejemplo el incremento de temperatura, la variación de la épocas de presentación (SENAMHI, 2004).

### **2.3. Índices climáticos**

Díaz San Andrés (2011-2019) menciona que, son los cálculos matemáticos, así como estadísticos que ayudan a estimar los índices climáticos de cada región, con los datos más significativos como precipitación y temperatura como también la latitud y altitud, con el fin de conocer las manifestaciones del medio de cada zona como por ejemplo la relación entre vegetación y clima.

#### **2.3.1. Evapotranspiración**

La evapotranspiración es la combinación entre la evaporación desde el ras del suelo y la transpiración de las plantas, la evaporación se consideran factores que predominan primero agua abierta (lagunas, mares, ríos, océanos y otros) y el segundo factor es la evapotranspiración es la dinámica de suministro, energía y transporte de vapor, el tercer factor es el suministro de humedad en la superficie por ejemplo cuando la superficie se encuentra seco la precipitación cae y se mantiene húmedo el suelo y el medio ambiente.

La evapotranspiración es generalmente utilizada en los estudios de disciplinas geográficos y climáticos mundiales y entre los indicadores que albergan entre ellos son la precipitación, la humedad relativa y la temperatura Chavarri (2004).

#### **Evapotranspiración por el método Thornthwaite**

Es utilizado en la zona húmeda como por ejemplo la amazonia, en las regiones secas que no es demasiado aplicable (Sánchez, 2018). Se desarrolla con la siguiente ecuación.

- 1) Se calcula un “índice de calor mensual” (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1,514}$$

- 2) Se calcula el “índice de calor anual (I) sumando los 12 valores de i:

$$I = \sum i$$

- 3) Se calcula la ETP mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

$$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left( \frac{10.t}{I} \right)^a$$

Donde:

***ETP sin corr*** = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas).

t = temperatura media mensual, °C

I = índice de calor anual, obtenido en el punto 2

a =  $675 * 10^{(-9)} * I^3 - 771 * 10^{(-7)} * I^2 + 1792 * 10^{(-5)} * I + 0,49239$

- 4) Corrección para el n° de días del mes y el n° de horas de sol:

$$ETP = ETP_{sin\ corr.} \frac{N}{12} \frac{d}{30}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial corregida.

N = número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud.

d = número de días del mes.

### 2.3.2. Índice de mediterraneidad de Rivas-Martínez

Los índices de mediterraneidad de Rivas-Martínez mide el carácter mediterráneo de una zona específica (Díaz San Andrés (2011-2019)).

$$Im1 = ETP_{jl}/P_{jl}$$

$$Im2 = (ETP_{jn} + ETP_{jl})/(P_{jn} + P_{jl})$$

$$Im3 = (ETP_{jn} + ETP_{jl} + ETP_{ag})/(P_{jn} + P_{jl} + P_{ag})$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración calculada a partir del método de Thornthwaite.

P = Precipitación media mensual.

Se consideran mediterráneos aquellos territorios en los que:

$$Im1 > 1 \quad Im2 > 1 \quad Im3 > 1$$

### 2.3.3. Índice de humedad de Thornthwaite (IH)

Realizado por Thornthwaite (1933) indica la cantidad de incremento o decremento de precipitación respecto a la evapotranspiración (Díaz San Andrés (2011-2019)).

$$IH = 100 (P-PE)/PE$$

Donde:

P = precipitación anual.

PE = evapotranspiración anual.

**Tabla 1.** Valores de humedad según el índice de Thornthwaite (1948).

Tipo climático	IH
Hiperhúmedo	>100,0
Húmedo (superlativo)	80,0 a 100,0
Húmedo (superior)	60,0 a 80,0
Húmedo (medio)	40,0 a 60,0

Húmedo (inferior)	20,0 a 40,0
Subhúmedo-húmedo	0 a 20,0
Seco-subhúmedo	-20,0 a 0
Semiárido	-40,0 a -20,0
Árido	-100,0 a -40,0

Fuente: Thornthwaite (1948).

#### 2.3.4. Índices de continentalidad compensados por la latitud

Mallada (1991) indica que, es un factor climático en donde la influencia marina no se nota, también indica en que escala está influenciado con las características de un continente marino.

- El factor térmico es la amplitud (diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y del mes más frío)
- El factor pluviométrico lo da la precipitación estival, concretamente el peso específico que las precipitaciones de verano tienen sobre la precipitación total anual.

Por lo tanto, la continentalidad de un clima será mayor cuanto más acusada sea la diferencia de temperatura entre el mes más frío y el mes más cálido y cuanto mayor peso específico tengan las precipitaciones de verano en el total anual.

#### Índice de continentalidad de Gorezynski (1920)

Asegura que la continentalidad queda compensada con la latitud (Díaz San Andrés, 2011-2019) mediante la fórmula:

$$ICG = 1.7 * (Mi - mi) / \text{sen}(\text{Lat}) - 20.4$$

Donde:

ICG = Índice de continentalidad de Gorezynski

Mi = Temperaturas medias del mes más cálido (°C)

mi = Temperaturas medias del mes más frío (°C)

Lat = latitud en grados

**Tabla 2.** Valores del índice de Conrad y Gorezynski

<b>Índice de Continentalidad</b>	<b>Clima</b>
-20,0 a 20,0	Hiperoceánicos
20,0 a 40,0	Oceánicos
40,0 a 60,0	Subcontinentales
60,0 a 80,0	Continental
80,0 a 120,0	Hipercontinentales

Fuente: Rivas Martínez (2005).

### **Índice de continentalidad de Currey (1974)**

Se conoce realizando la división de la amplitud térmica anual (temperatura promedio entre los meses más calientes y el más frío se hace la diferencia).

$$IC = (Mi - mi)/(1+1/3*Lat)$$

Donde:

IC = Índice de continentalidad de Currey

Mi = Temperaturas medias del mes más cálido (°C)

mi = Temperaturas medias del mes más frío (°C)

Lat = latitud en grados

**Tabla 3.** Valores del índice de Currey.

<b>ICurrey</b>	<b>Clima</b>
0 a 0,6	Hiperoceánicos
0,6 a 1,1	Oceánicos
1,1 a 1,7	Subcontinentales
1,7 a 2,3	Continental
2,3 a 5	Hipercontinentales

Fuente: Rivas Martínez (2005).

### **2.3.5. Índices de continentalidad**

#### **Índice de oceanidad de Kerner**

Comparación de temperaturas promedios de los meses octubre y abril anuales (Díaz San Andrés, 2011-2019) desarrollo mediante la siguiente ecuación.

$$K = [(Toct - Tabr) / A] \times 100$$

Donde:

Toct = Temperatura media de octubre.

Tabr = Temperatura media de abril.

A = Amplitud térmica anual (diferencia entre las medias del mes más cálido y el mes más frío).

Si K es mayor a 30 el clima es oceánico, si es menor no será oceánico.

### 2.3.6. Índices de aridez

Almorox (2009) indica que, según este índice se mide el valor de escases o humedad del aire y del medio edáfico. Los datos fundamentales por considerar son las precipitaciones y las temperaturas anuales.

#### Índice de aridez de Lang

Está definido por medio de la expresión:

$$P_f = P / t_m$$

P: precipitación media anual en mm

t<sub>m</sub>: temperatura media anual en °C

**Tabla 4.** Índice de aridez según Lang

Valor de P <sub>f</sub>	Zona
0 – 20,0	Desiertos
20,0 – 40,0	Árida
40,0 – 60,0	Húmedas de estepa y sabana
60,0 – 100,0	Húmedas de bosques claros
100,0 – 160,0	Húmedas de grandes bosques
> 160,0	Perhúmedas con prados y tundras

Fuente: J. Almorox 2009. Climatología aplicada al Medio Ambiente y Agricultura.

### Índice de aridez de De Martonne

$$I_a = P/[tm+10]$$

P: precipitación media anual en mm

tm: temperatura media anual en °C

**Tabla 5.** Índice de aridez según De Martonne.

Valor de $I_a$	Zona
0 – 5,0	Desiertos (Hiperárido)
5,0 – 10,0	Semidesierto (Árido)
10,0 – 20,0	Semiárido de tipo mediterráneo
20,0 – 30,0	Subhúmeda
30,0 – 60,0	Húmeda
> 60,0	Perhúmeda

Fuente: J. Almorox 2009. Climatología aplicada al Medio Ambiente y Agricultura.

Según De Martonne este índice se puede desarrollar por meses del año, para conocer la escala de escases o el mayor porcentaje de humedad.

$$I_{ai} = 12*P_i/[t_{mi}+10]$$

$P_i$ : precipitación media mensual en mm

$t_{mi}$ : temperatura media mensual en °C

Así mismo indica que, son meses de actividad vegetativa para la vegetación aquellos en los que la temperatura media es superior a 3 °C (valor inferior al de 6°C fijado por otros autores) y en los que el índice de aridez mensual es superior a 20.

#### 2.3.7. Índice de termicidad de Rivas – Martínez

Millarium (2004) indica que, el índice de termicidad ( $I_t$ ), propuesto por Rivas-Martínez, es el valor resultante de la suma en décimas de grado centígrado de T (temperatura media anual), m (temperatura media de las mínimas del mes más frío) y M (temperatura media de las máximas del mes más frío); se expresa como:

$$I_t = (T + m + M)10$$

**Tabla 6.** Tipos de termicidad

Tipos de Termicidad	Subtipos	Tp, It, Itc	T
Cálido Temperatura de 15° - 30°	1. Tórrido	> 710	> 24°
	2. Cálido	490 - 710	19° - 24°
	3. Sub cálido	320 - 490	15° - 19°
Templado Temperatura de 6° - 15°	4. Templado	120 - 320	11° - 15°
	5. Subtemplado	800 - 1300	< 11°
Frío Temperatura < 6°	6. Frío	380 - 800	< 6°
	7. Hiperfrío	130 - 380	< 3°
	8. Ultrafrío	0 - 130	< 0°
Gélido Temperatura ≤ 0°	9. Gélido	0	Ti ≤ 0°
	10. Hipergélido	0	M ≤ 0°
	11. Ultragélido	0	M ≤ 0°

Fuente: Rivas – Martínez (2008).

### 2.3.8. Índice de Fournier modificado

En este índice es mejor tomar las presentaciones de máxima mensuales más de una vez, en donde datos de precipitación cuentan con valores muy elevados, este sucede por la estacionalidad (Jordán y Bellinfante, 2000).

Para corregir esos datos anómalos de tendencias erróneas, se propuso una ecuación modificada en donde toma precipitación acumulado IFM (Arnoldus, 1978). En esta ecuación formulada se toman los doce meses de lluvia, no solo un mes lluvioso, el cálculo muestra la relación entre las precipitaciones mensuales con anuales, la fórmula indica IFMj índice de agresividad de lluvia de una zona conocida para el año j.

$$IFM_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} (p_{ij})^2}{P_m}$$

Donde:

- IFMj: índice de agresividad de la lluvia, para el año j
- Pij: precipitación mensual del mes i (mm) del año j
- Pm: precipitación media anual.

Ramírez (2010) indica que, el índice fue utilizado por los organismos internacionales como el FAO en los informes para elaborar el mapa de degradación de los suelos. Este índice muestra la simplicidad de los datos que se puede obtener de las estaciones meteorológicas, con estas ecuaciones se trabajaron en diferentes zonas del mundo y la correlación fue aceptable por encima de 0,89

Los creadores y modificadores de este índice Arnoldus (1980) y Hoyos et al. (2005) citado por Ramírez-Ortiz et al. (2007), reconocieron que este Índice de Fournier Modificado (IFM) es aceptado como uno de los buenos estimadores de la erosión de suelos provocado por la lluvia para crear modelos en los procesos erosivos en lugares amazónicos o trópicos.

**Tabla 7.** Índices que determinan la agresividad y concentración de precipitaciones.

Índice	Rango	Clasificación
índice de Fournier (IF)	< 50,0	Muy Bajo
	50,0 – 100,0	Bajo
	100,0 – 150,0	Moderado
	150,0 – 200,0	Alto
	> 200,0	Muy Alto
Índice de Fournier modificado (IFM)	< 100,0	Muy Bajo
	100,0 – 200,0	Bajo
	200,0 – 300,0	Moderado
	300,0 – 400,0	Alto
	> 400,0	Muy Alto
Índice de concentración de precipitación (ICP)	8,30% - 10,0%	Uniforme
	10,0% - 15,0%	Moderadamente estacional
	15,0% - 20,0%	Estacional
	20,0% - 50,0%	Fuertemente estacional
	50,0% - 100,0%	Irregular

Fuente: Mercy Ilbay-Yupa, Ricardo Zubieta Barragán y Waldo Lavado-Casimiro (2019).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Descripción de la zona en estudio

El estudio de investigación se realizó con los datos generados de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco.



**Figura 1.** Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez de Tingo María.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas geográficas.

- Latitud: Sur 09° 18' 00"
- Longitud: Oeste 76° 01' 00"
- Altitud: 660 m.s.n.m.

### **3.1.3. Características climáticas**

Tingo María se caracteriza por ser un clima cálido y húmedo con precipitaciones media histórica que fluctúa entre 3384,14 a 3403,82 mm/año y temperaturas medias históricas que fluctúa entre 24,77 a 25,09 °C, con temperatura máxima histórica que fluctúa entre 29,61 a 29,96 °C, temperaturas mínimas históricas que fluctúa entre 19,95 a 20,29 °C, y una humedad relativa media histórica que fluctúa entre 82,20 a 84,29%. Con los periodos más lluviosos que presenta los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, con máximos que presentan de 815,20 mm/mes, también con periodos poco lluviosos que presentan los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre, con mínimos que presentan de 13,10 mm/mes. Esta información se brinda con datos del periodo 1990 a 2020.

### **3.1.4. Fisiografía**

Tingo María está conformado por grandes paisajes, establecidas según su posición dentro de la cuenca Huallaga (cima, laderas, faldas, diques naturales y orillas) y caracterizadas por uno o más atributos morfométricos (forma y grado de la pendiente, tipo y grado de la erosión, disección y condición de drenaje) todo ello encaja perfectamente para el relajo de sus caídas de agua para los visitantes.

### **3.1.5. Zonas de vida**

Conforme a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático propuesto por HOLDRIDGE (1967), la zona de Tingo María se ubica en la formación vegetal de Bosque Muy húmedo Premontano Sub Tropical.

## **3.2. Material y métodos**

### **3.2.1. Materiales de escritorio**

- Computadora.
- Libretas de campo.
- Datos meteorológicos.
- Cámara fotográfica.

### **3.2.2. Software requerido**

- Microsoft Excel.
- Microsoft Word.
- SPSS V. 26.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Generalidades de la investigación**

#### **3.3.1.1. Tipo de estudio**

El estudio es de tipo retrospectivo, porque los datos se recogen de registros donde el investigador no tuvo participación. De manera que, el estudio realizado no tuvo participación en recolección de datos, los datos se han obtenido mediante registros del periodo 1990 a 2020 de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez.

#### **3.3.1.2. Diseño de estudio**

En el estudio realizado se consideraron tres variables (precipitación temperatura y humedad relativa) y determinando los índices climáticos (Evapotranspiración, índices de mediterraneidad, índice de humedad de Thornthwaite (IH), índices de continentalidad compensados por la latitud, índices de continentalidad sencillos, índices de aridez y índice de termicidad de Rivas – Martínez. Por lo tanto, el estudio se considera no experimental longitudinal de tipo retrospectivo porque los parámetros son medidos u observados en todos los tiempos o momentos como en este caso las tres variables se han medido en el mismo momento y tiempo (Hernández et al., 2014).

#### **3.3.1.3. Nivel de estudio**

El estudio corresponde a un nivel descriptivo porque describe fenómenos, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Porque su finalidad es describir o estimar parámetros, como en este caso se describe frecuencias, promedios e intervalos de confianza, de las variables precipitación, temperatura y humedad relativa (Supo y Zacarías 2020).

### **3.3.2. Unidad del estudio**

#### **3.3.2.1. Población**

La población de estudio son los componentes del área de influencia, en este caso está considerado el área que abarca Tingo María.

#### **3.3.2.2. Muestra**

Los datos están considerados por los periodos de 1990 a 2020 de Tingo María.

#### **3.3.2.3. Unidad de información**

Considerado en este estudio son los registros de la estación meteorológica del año 1990 hasta 2020 de las variables temperatura, precipitación y humedad relativa.

#### **3.3.2.4. Unidad de análisis**

Son los registros de la estación meteorológica del año 1990 hasta 2020 de las variables temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, precipitación total y humedad relativa.

#### **3.3.2.5. Variables**

Variable independiente: tiempo.

Cuyos indicadores para el estudio serán.

- Meses.
- Años.

Variable dependiente: condiciones climáticas

Cuyos indicadores para el estudio serán.

- Temperatura.
- Precipitación.
- Humedad relativa.

- Evapotranspiración por el método Thornthwaite.
- Índices de mediterraneidad de Rivas-Martínez.
- Índice de humedad de Thornthwaite (IH).
- Índices de continentalidad de Gorezynski (1920).
- Índice de continentalidad de Currey (1974).
- Índice de oceanidad de Kerner.
- Índice de aridez de Lang.
- Índice de aridez según De Martonne.
- Índice de termicidad de Rivas – Martínez.
- Índice de Fournier modificado.

### **3.3.3. Metodologías y técnicas de desarrollo del estudio**

#### **3.3.3.1. Caracterizar la precipitación, temperatura y humedad relativa durante el periodo 1990 – 2020 en Tingo María**

La descripción o caracterización se realizó de cada variable climática como precipitación, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y humedad relativa. Caracterizando la media, desviación estándar, intervalo de confianza en un periodo de 30 años de 1990 hasta 2020.

#### **3.3.3.2. Determinar las tendencias del comportamiento climático según las variaciones de las temperaturas, precipitación y humedad relativa en 03 décadas y su proyección al 2050 en Tingo María**

En este objetivo se desarrolló describiendo las tendencias del comportamiento de las tres variables por décadas (temperatura, precipitación y humedad relativa) presentando en gráficos para tener mayor visión en la interpretación. La proyección o pronóstico hasta una fecha determinada en este caso hasta el año 2050 se realizó mediante la metodología de extrapolación (Escaith, 2003).

### 3.3.3.3. Determinar los índices climáticos de Tingo María

En este objetivo se desarrolló determinando cada índice como sigue: para mayor detalle los encontramos en el capítulo de revisión de literatura en el subcapítulo de índices climáticos.

- 1 Evapotranspiración. Este cálculo se desarrolló mediante un solo método.

Método Thornthwaite

- 2 Índices de mediterraneidad. calculamos mediante un solo método.

Mediterraneidad de Rivas-Martínez

- 3 Índice de humedad de Thornthwaite (IH)

- 4 Índices de continentalidad compensados por la latitud. Se desarrolló mediante dos métodos.

De continentalidad de Gorezynski (1920)

De continentalidad de Currey (1974)

- 5 Índices de continentalidad. Se desarrolló mediante el método de Kerner.

Índice de oceanidad de Kerner

- 6 Índices de aridez. Desarrollamos mediante dos métodos.

Índice de aridez de Lang

Índice de aridez según De Martonne

- 7 Índice de termicidad de Rivas – Martínez

- 8 Índice de Fournier modificado

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Precipitación, temperatura y humedad relativa durante el periodo 1990 – 2020 en Tingo María

#### Precipitación

La precipitación durante el periodo 1990 – 2020, para tres décadas el comportamiento meteorológico respecto a la precipitación se determinó a un 95% de confiabilidad la media histórica fluctúa entre 3384,14 a 3403,82 mm/año en Tingo María. Sin embargo, los meses más lluviosos presenta entre octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo acumulando un máximo de 815,20 (diciembre) mm/mes, también se menciona que los meses poco lluviosos se encuentran de abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre con un mínimo de 13,10 (junio) mm/mes. Se menciona que el mes de agosto presenta una alta variabilidad de los datos con 71,83%, significa que durante las tres décadas muestran que en algún año habrá llovido más y en otros habrá llovido menos, alta variación (Tabla 8).

**Tabla 8.** Estadísticos descriptivos de la precipitación en el periodo 1990 – 2020 de Tingo María.

Meses	N	Precipitación (mm)			DE	CV (%)
		Máxima	Media	Mínima		
Enero	30	672.00	430.90	238.80	111.27	25.82
Febrero	30	590.70	398.60	159.10	119.22	29.91
Marzo	30	593.90	402.97	205.30	103.85	25.77
Abril	30	450.80	269.20	118.40	83.69	31.09
Mayo	30	413.50	227.68	79.80	82.92	36.42
Junio	30	367.50	153.11	13.10	62.04	40.52
Julio	30	262.20	137.56	26.90	71.25	51.79
Agosto	30	347.60	106.23	29.20	76.31	71.83
Setiembre	30	346.10	171.45	43.50	71.05	41.44
Octubre	30	500.70	281.56	73.80	114.90	40.81
noviembre	30	688.20	353.19	94.10	121.70	34.46
Diciembre	30	815.20	461.53	178.30	146.50	31.74
Media histórica	<b>3384.14</b>	<b>3403.82</b>				

DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación.

En el estudio desarrollado con precipitaciones durante el periodo 1990 – 2020, que el comportamiento climatológico de precipitación media histórica fluctúa entre 3384,14 a 3403,82 mm/año en Tingo María. También Chávez y Manrique De Lara (2003) en un estudio realizado indican que la precipitación desarrollada en el periodo 1940 – 2001 que el promedio anual es de 3309,50 mm/año. Los resultados encontrados están muy cerca en comparación con el periodo de 1940 a 2001, esa diferencia encontrada que no está entre los intervalos, podría ser debido a que se trabajaron en diferentes periodos y también porque los datos climáticos son muy variables.

La precipitación promedio mensual considerados durante el periodo 1990 – 2020 posee un intervalo de 212,20 a 353,46 mm/mes y con una diferencia 141,25 mm en Tingo María. También otro estudio considerado por Manrique De Lara (2018) realizando su estudio doctoral en Tingo María, menciona que la precipitación varía muy fuerte de 250,82 mm a 309,21 mm con una diferencia de 98,39 mm. Considerando que la precipitación promedio mensual es muy variable con un coeficiente de variación de 71,83 %, entonces podemos mencionar que existe una heterogeneidad de los datos. A esto Manrique De Lara (2018) menciona que, la diferencia que encontró es de 98,39 mm entre el intervalo del promedio mensual del periodo 1947 a 2016.

### **Temperatura**

La temperatura es una de las variables influyentes en el comportamiento climático, generando una alta sensación térmica por efecto del calor, viento y humedad, las plantas se adecuan y empiezan un cambio fisiológico, la recuperación no es al instante y las plantas retardan su etapa fenológica afectando la rentabilidad de la agricultura. La temperatura media considerado por tres décadas de 1990 a 2020 se determinó a un 95% de confiabilidad la media histórica fluctúa entre 24,77 a 25,09 °C en Tingo María (Tabla 9).

La temperatura máxima durante el periodo 1990 – 2020 a un 95% de confiabilidad la media histórica fluctúa entre 29,61 a 29,96 °C en Tingo María. También se menciona que la temperatura máxima promedio fue durante el mes de setiembre con 30,62 °C y con una variabilidad de 2,53% (Tabla 9).

La temperatura mínima durante el periodo 1990 – 2020 a un 95% de confiabilidad la media histórica fluctúa entre 19,95 a 20,29 °C en Tingo María. Sin embargo, el mes más frío,

el mes fresco fue julio con una temperatura promedio de 19,04 °C. Con un coeficiente de variación de 4,1% (Tabla 9).

**Tabla 9.** Estadísticos descriptivos de la temperatura en el periodo 1990 – 2020 de Tingo María.

Meses	N	Temperatura máxima (°C)			Temperatura media (°C)			Temperatura mínima (°C)		
		Media	DE	CV (%)	Media	DE	CV (%)	Media	DE	CV (%)
Enero	30	29.36	0.97	3.30	24.92	0.74	2.98	20.54	0.64	3.102
Febrero	30	29.00	0.77	2.66	24.77	0.65	2.61	20.55	0.62	3.013
Marzo	30	29.39	0.75	2.55	24.96	0.59	2.37	20.61	0.55	2.689
Abril	30	29.98	0.53	1.77	25.29	0.47	1.86	20.61	0.52	2.501
Mayo	30	29.93	0.56	1.86	25.10	0.50	1.99	20.29	0.60	2.951
Junio	30	29.52	0.59	2.01	24.53	0.56	2.30	19.60	0.62	3.167
Julio	30	29.49	0.70	2.37	24.21	0.61	2.53	19.04	0.78	4.1
Agosto	30	30.23	0.76	2.52	24.69	0.66	2.68	19.18	0.68	3.528
Setiembre	30	30.62	0.77	2.53	25.09	0.60	2.39	19.62	0.62	3.16
Octubre	30	30.34	0.62	2.06	25.25	0.55	2.19	20.23	0.63	3.124
noviembre	30	30.05	0.81	2.70	25.32	0.67	2.67	20.62	0.68	3.297
Diciembre	30	29.51	0.54	1.84	25.01	0.49	1.98	20.56	0.60	2.931
Media hist.		<b>29.61</b>	<b>29.96</b>		<b>24.77</b>	<b>25.09</b>		<b>19.95</b>	<b>20.29</b>	

DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación.

La temperatura es una de las variables climáticas que más preocupación trae a la población, durante el estudio desarrollado en el periodo 1990 – 2020, la media histórica de la temperatura fluctúa entre 24,77 a 25,09 °C en Tingo María. También Manrique De Lara (2018) menciona que, la temperatura media fluctúa de 24,32 °C a 25,25 °C, en el periodo de 1947 – 2016.

La temperatura máxima o los meses más cálidos muestra preocupación en la población, que durante el estudio desarrollado en el periodo 1990 – 2020, la media histórica fluctúa entre 29,61 a 29,96 °C en Tingo María. A ello Manrique De Lara (2018) menciona que, la temperatura máxima fluctúa de 29,34 °C a 30,03 °C.

La temperatura mínima o los meses más fríos de Tingo María, el estudio se desarrolló durante el periodo 1990 – 2020, la media histórica fluctúa entre 19,95 a 20,29 °C en Tingo

María. También Manrique De Lara (2018) menciona que, la temperatura mínima fluctúa de 19,06 °C a 20,48 °C, en el periodo de 1947 – 2016. La temperatura mínima es casi similares.

### Humedad relativa

La cantidad de humedad atmosférica en el periodo 1990 – 2020 a un 95% de confiabilidad la media histórica fluctúa entre 82,20 a 84,29% en Tingo María. También se menciona que el mes con más humedad atmosférica promedio máximo es el mes de febrero con 91% y la mínima o el mes seco es setiembre con 57% de humedad, y la variabilidad de los datos de enero a diciembre se encuentran de 2,43 a 6,11% (Tabla 10).

**Tabla 10.** Estadísticos descriptivos de humedad relativa en el periodo 1990 – 2020 de Tingo María.

Meses	N	Precipitación (mm)			DE	CV (%)
		Máxima	Media	Mínima		
Enero	30	89.0	85.45	81.0	2.08	2.43
Febrero	30	91.0	85.97	81.0	2.39	2.78
Marzo	30	88.0	84.94	61.0	4.65	5.48
Abril	30	88.0	83.87	63.0	4.15	4.94
Mayo	30	86.0	83.13	59.0	4.80	5.78
Junio	30	86.0	83.45	78.0	2.22	2.66
Julio	30	88.0	82.39	64.0	4.48	5.43
Agosto	30	88.0	80.74	61.0	4.67	5.78
Setiembre	30	86.0	79.97	57.0	4.89	6.11
Octubre	30	86.0	81.48	64.0	4.06	4.98
noviembre	30	87.0	82.68	65.0	3.89	4.71
Diciembre	30	90.0	84.87	82.0	2.14	2.52
<b>Media histórica</b>		<b>82.20</b>	<b>84.29</b>			

DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación.

La humedad relativa o la humedad atmosférica considerado en el estudio durante el periodo de 1990 a 2020, la media histórica fluctúa entre 82,20 % a 84,29 % en Tingo María, y el mes con más humedad atmosférica es el mes de febrero con 91% y el mes seco es setiembre con 57 % de humedad. Manrique De Lara (2018) menciona que, la humedad relativa es de 70,54 % a 85,03 % con una diferencia o incremento de 14,49%, de igual manera menciona que el mes más húmedo, con mayor humedad atmosférica es el mes de febrero con promedio de 82,19 % y el mes más seco, con menor humedad atmosférica presenta el mes de setiembre con promedio de 76,87 %.

#### **4.2. Tendencias del comportamiento climático según las variaciones de las temperaturas, precipitación y humedad relativa en 03 décadas y su proyección al 2050 en Tingo María**

La precipitación del periodo 1990 – 2020, considerados en el estudio por décadas de 1990 a 2000, 2001 a 2010 y 2011 a 2020, resultaron lo siguiente, en la década de (1990 - 2000) a (2001 - 2010) disminuyó 87,59 mm y de la década de (2001 - 2010) a (2011 - 2020) incrementó 10,49 mm. Hasta ahora no sabemos si incrementa o disminuye la precipitación, pero con la proyección hasta el año 2050 se vio la disminución de precipitación. La precipitación en el gráfico no es notoria si disminuyó o incrementó, pero si vemos el acumulado por año y comparamos por décadas notamos que hay disminución minuciosa de la precipitación (Figura 2).

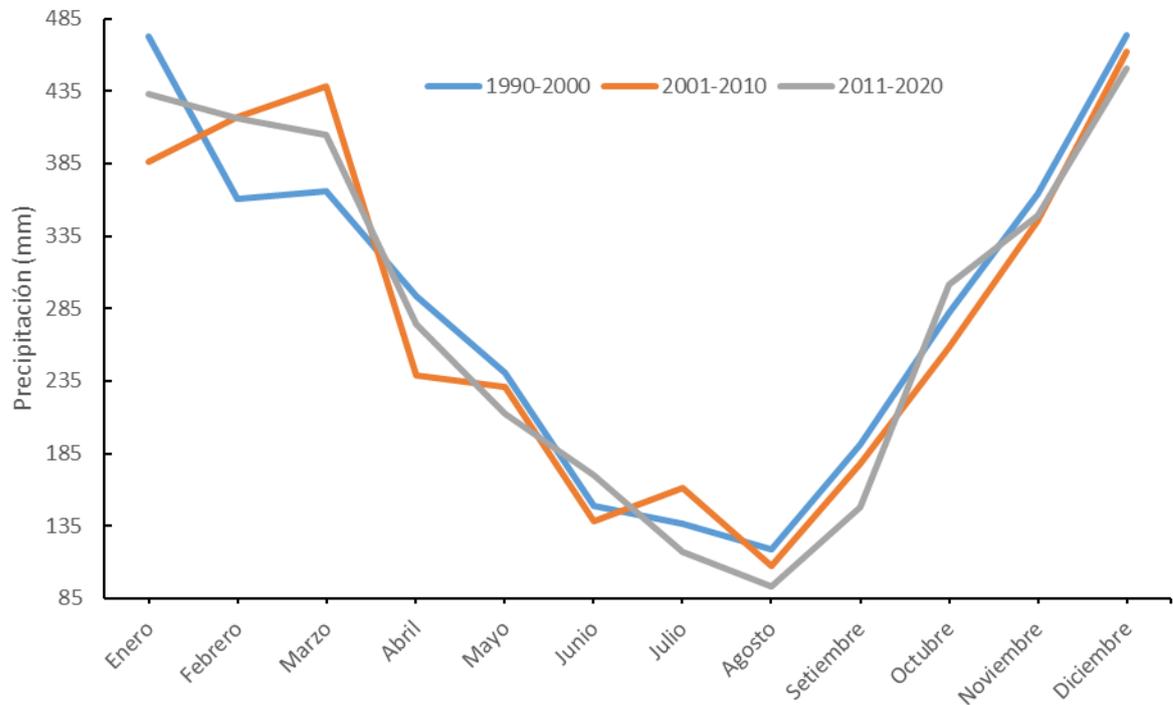
La temperatura máxima del periodo 1990 – 2020, considerados en el estudio por décadas de 1990 a 2000, 2001 a 2010 y 2011 a 2020, resultaron con incrementos. En la década de (1990 - 2000) a (2001 - 2010) incrementó 0,36 °C y en la década de (2001 - 2010) a (2011 - 2020) incrementó 0,52 °C. Entonces podemos decir que hay tendencia que, durante treinta años incremento 0,88 °C. (Figura 3).

La temperatura media o promedio del periodo 1990 – 2020, considerados en el estudio por décadas de 1990 a 2000, 2001 a 2010 y 2011 a 2020, mostraron lo siguiente, en la década de (1990 - 2000) a (2001 - 2010) incrementó 0,56 °C y de la década de (2001 - 2010) a (2011 - 2020) incrementó 0,36 °C. Entonces mencionamos que hay una tendencia de 0,92 °C, durante treinta años considerados en el estudio (Figura 4).

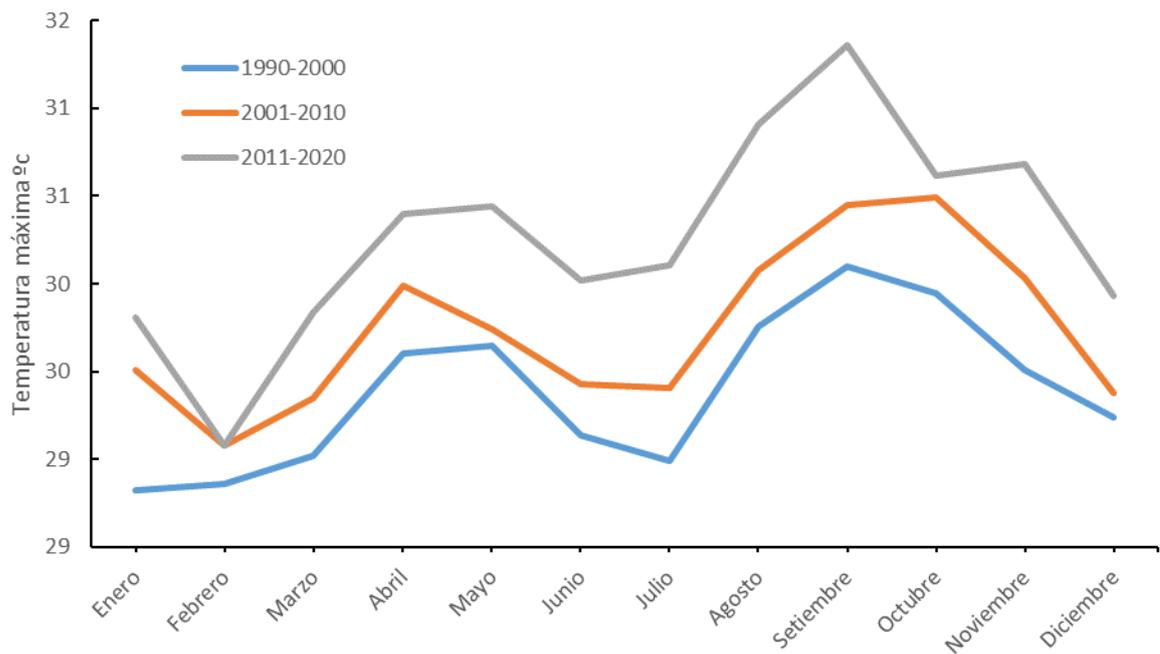
La temperatura mínima del periodo 1990 – 2020, considerados en el estudio por décadas de 1990 a 2000, 2001 a 2010 y 2011 a 2020, mostraron lo siguiente, en la década de (1990 - 2000) a (2001 - 2010) incrementó 0,76 °C y de la década de (2001 - 2010) a (2011 - 2020) incrementó 0,17 °C. Que durante los meses más fríos en los treinta años incrementó 0,93 °C (Figura 5).

La humedad relativa del periodo 1990 – 2020, considerados en el estudio por décadas de 1990 a 2000, también de 2001 a 2010 y finalmente 2011 a 2020 en Tingo María, mostraron lo siguiente, en la década de (1990 - 2000) a (2001 - 2010) incrementó considerablemente hasta 3,80 % y de la década de (2001 - 2010) a (2011 - 2020) disminuyó 0,28 %. Pero la humedad relativa es contante en la temporada anual, porque a mayor temperatura será mayor

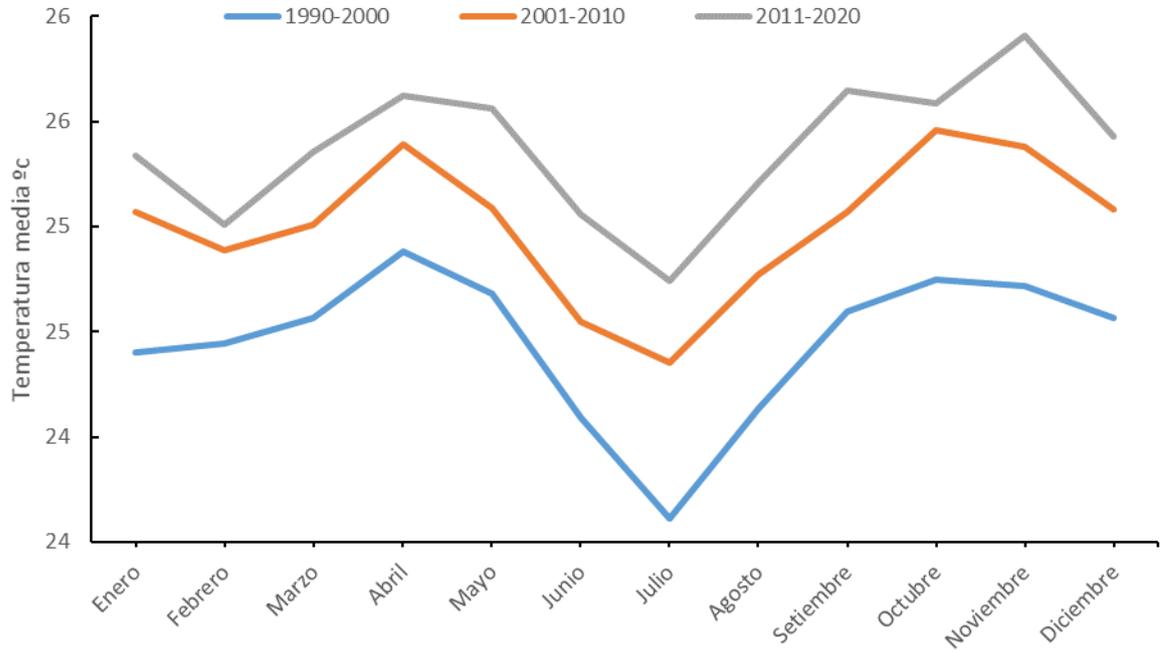
la humedad relativa o atmosférica por que el aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío, lo cual permite su incremento (Figura 6).



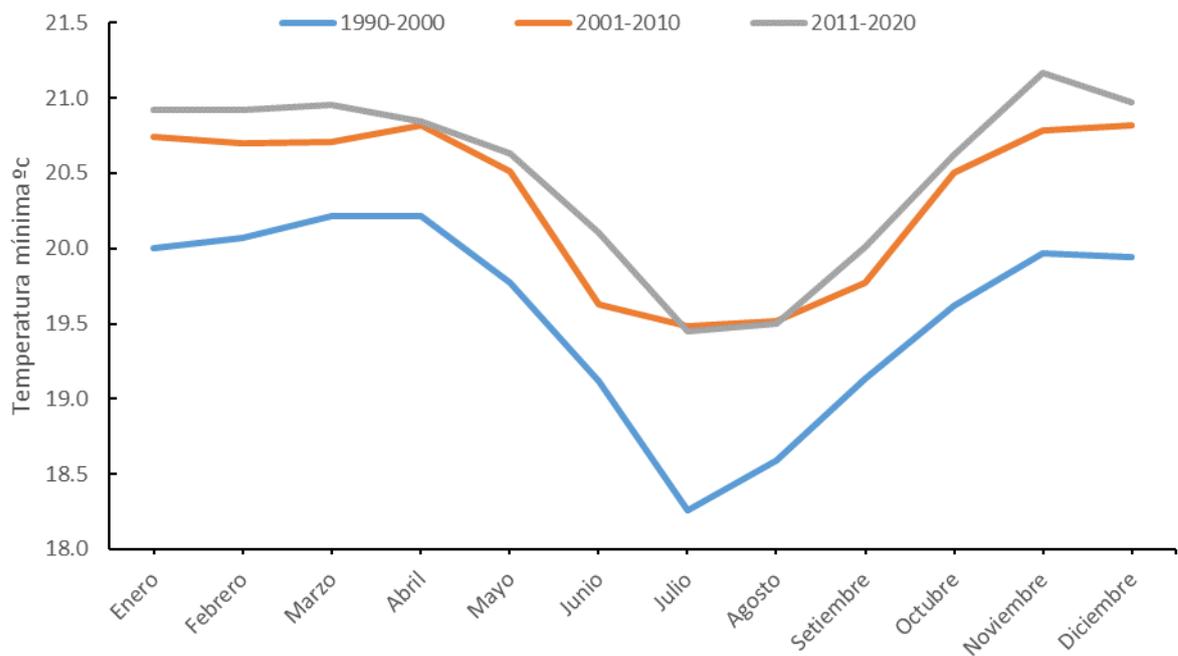
**Figura 2.** Comportamiento de la precipitación por décadas de Tingo María.



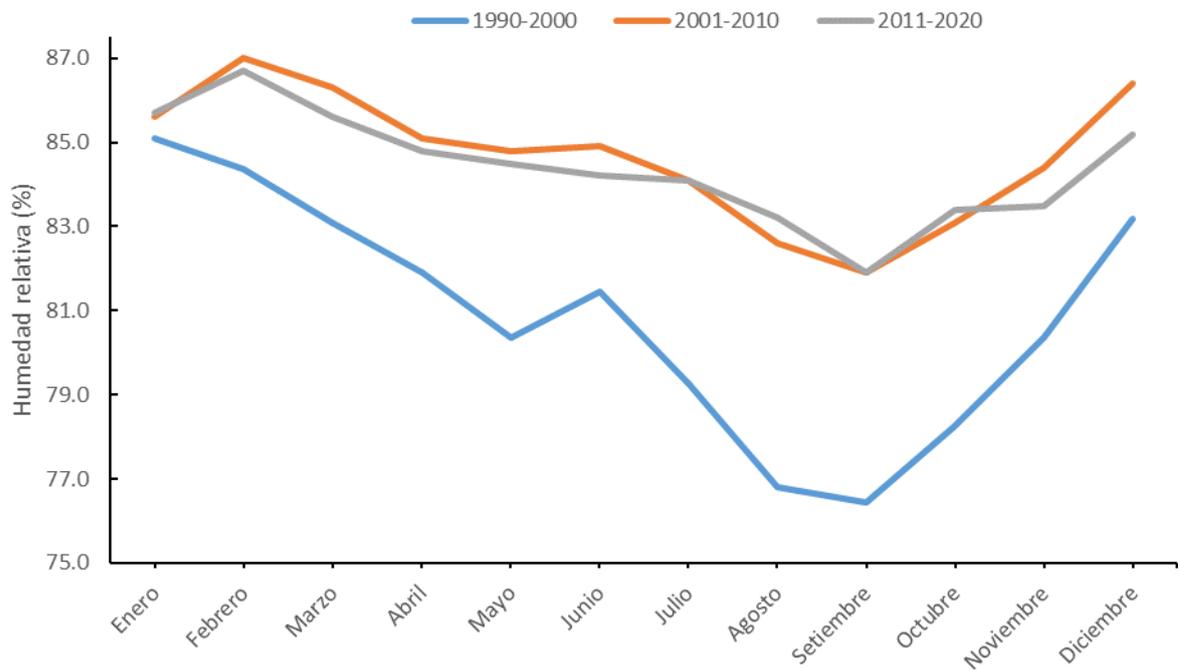
**Figura 3.** Comportamiento de la temperatura máxima por décadas de Tingo María.



**Figura 4.** Comportamiento de la temperatura media por décadas de Tingo María.



**Figura 5.** Comportamiento de la temperatura mínima por décadas de Tingo María.



**Figura 6.** Comportamiento de la humedad relativa por décadas de Tingo María.

Durante el periodo de 1990 – 2020 conformado en tres décadas (1990 a 2000), (2001 a 2010) y (2011 a 2020), durante la primera y la segunda década en estudio disminuyó 87,59 mm y durante la segunda y la tercera década incrementó 10,49 mm. En un estudio realizado por Manrique de Lara (2018) el comportamiento de la precipitación fue muy variable durante las siete décadas considerado en el estudio de 1947 – 2016. La primera y la segunda década con una diferencia de incremento de 19,05 mm, la segunda y la tercera década con una disminución de 31,55 mm, la tercera y la cuarta década con una disminución de 26,84 mm, la cuarta y la quinta década con un incremento de 32,33 mm, la quinta y la sexta década con una disminución de 6,2 mm, finalmente la sexta y la séptima década con un incremento de 8,45 mm, entonces hacemos la pregunta, la tendencia es positiva o negativa, pero entrando en razón al comportamiento climático podemos mencionar que si la temperatura va en tendencia positiva (incremento) entonces podemos mencionar la precipitación va en tendencia negativa (disminuye). Brown Manrique et al. (2015) menciona que, durante serie de 30 años de precipitaciones y número de días con lluvia desde 1977 al 2006, los resultados demostraron una tendencia a la disminución de las precipitaciones y el número de días con lluvia a partir del año 2000, no solo a nivel anual sino también en el periodo húmedo.

La temperatura máxima, mínima y media durante los periodos de 1990 – 2020 conformado en tres periodos, la temperatura media o promedio va en tendencia positiva

(incremento) de 0,92 °C en un periodo de 30 años. También en un estudio realizado por Manrique De Lara (2018) en Tingo María con periodos de 1947 – 2016, sus resultados de la temperatura media fueron con incrementos de 0,72 °C en 70 años. Lale (2008) realizó estudios con periodos de 1940 – 2007 de tendencia de temperatura, precipitación y humedad relativa en Tingo María, obteniendo resultados de temperatura media con incrementos de 0,5 °C en 68 años. También cabe mencionar que cuando la muestra es grande o en este caso de varios años el intervalo se ajusta, por el tamaño de muestra. Miller (2007) menciona que, los factores que afectan los cambios de temperatura media son los efectos de las nubes, la emisión de aerosoles a la atmósfera, aumento en las emisiones de dióxido de carbono, gas metano, hidratos de metano. Además, los cambios de reflexión terrestres y los cambios en el campo magnético exterior. Díaz (2012) también indica que, otros factores son la contaminación del aire, los cambios en el hielo polar, el contenido en vapor de agua y la cantidad de cobertura de nubes y la cantidad de energía solar que alcanza la Tierra.

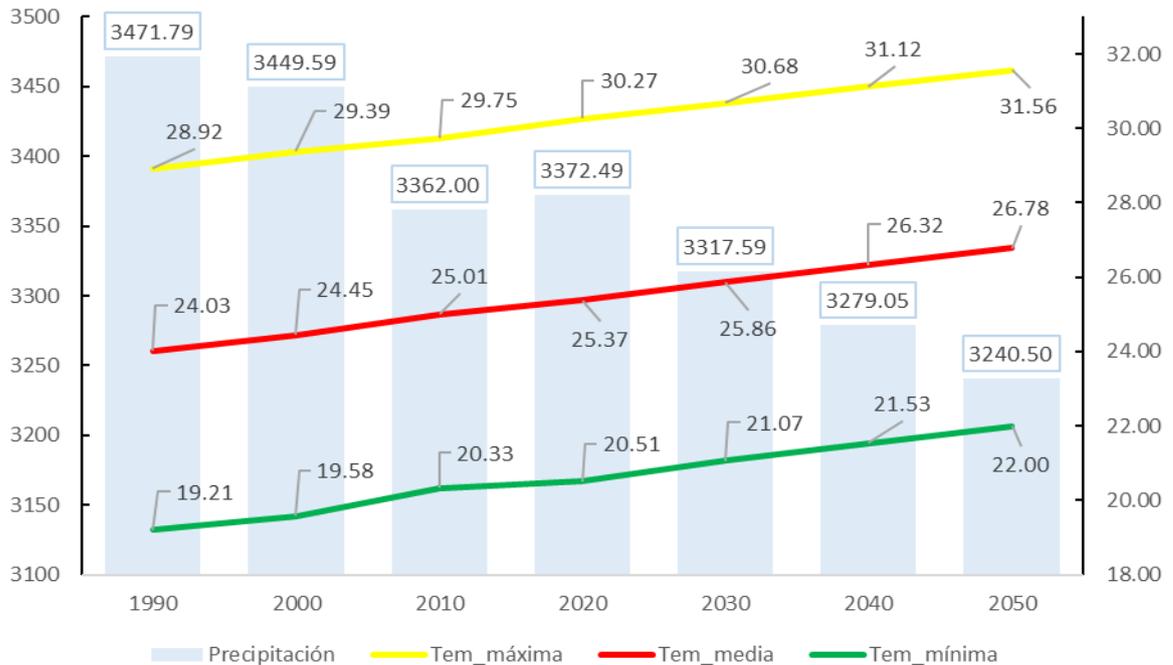
La humedad relativa mantiene en forma constante su valor, Pero con las alteraciones ambientales tiene una tendencia positiva de incrementar su valor porcentual, porque a mayor temperatura será mayor la humedad relativa o atmosférica por que el aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío, lo cual permite su incremento. Peñaherrera (2004) el clima amazónico con altas temperaturas, constante humedad atmosférica y abundantes lluvias.

### **Comportamiento climático de las tendencias de precipitación, temperatura y humedad relativa con proyección a 2050.**

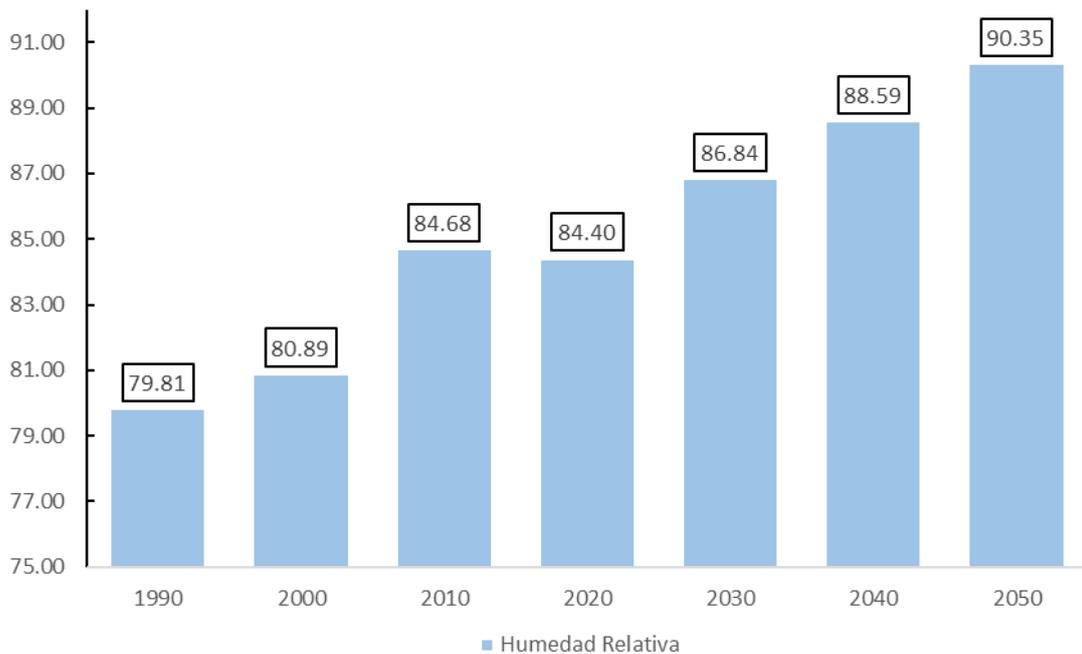
El comportamiento climático de precipitación es en función inversa a la temperatura, es decir la temperatura incrementa y la precipitación disminuye moderadamente. También en la proyección a 2050 se observa un incremento de temperatura máxima de 28,92 °C (1990) a 31,56 °C (2050), temperatura media de 24,03 (1990) a 26,78 (2050) y la temperatura mínima, de 19,21 (1990) a 22,00 (20250), finalmente la precipitación de 1990 fue de 3471,79 mm con proyección al año 2050 llegó 3240,50 mm (Figura 7).

La tendencia de humedad relativa y temperaturas (máxima, media y mínima) es positiva porque tiende a incrementar las dos variables en mención con una proyección al año 2050, la humedad relativa tiende a incrementar de 79,81% (1990) a 90,35% (2050), en 60 años como pronostico se menciona que el incremento es de 10,54% y en la variable temperatura también la tendencia es positiva porque también incrementó, la temperatura

máxima de 28,92 °C (1990) a 31,56 °C (2050) en 60 años con un incremento de 2,64 °C. La temperatura media en 1990 fue 24,03 °C y el pronóstico a 60 años fue de 26,78 °C (2050), finalmente la temperatura mínima fue de 19,21 °C (1990) con la proyección a 2050 llegó 22,00 °C (Figura 8).



**Figura 7.** Climograma de las tendencias de precipitación, temperatura con proyección al 2050



**Figura 8.** Tendencias de humedad relativa con proyección al 2050 de Tingo María.

Las tendencias del comportamiento climático de precipitación y temperatura están en función inversa, es decir la temperatura incrementa y la precipitación disminuye. La degradación del medioambiente es una tendencia que tiene sus implicaciones en la sociedad, en los individuos y en la educación, por lo tanto, el cambio climático es un problema global que ha sido tratado por los expertos de todo el mundo, lo cual han concluido que el clima cambia, debido a causas naturales y a causas de origen antropogénico (Díaz, 2012).

La proyección de temperatura y precipitación al 2050, lleva un incremento de 2,75 °C en temperatura media y en la precipitación la disminución de 231,29 mm hasta el año 2050. Díaz (2012) las manifestaciones del cambio climático de IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) son: el aumento de temperatura, La tendencia lineal a cien años (1906-2005), que es de 0,7 (entre 0,56 °C y 0,92 °C) es más acentuada que la indicada por el TIE (tercer informe de evaluación), que era de 0,6 (entre 0,4 °C y 0,8 °C) (1901-2000). Entre 1956 y 2005, el calentamiento lineal 0,13 (entre 0,10 °C y 0,16 °C) por decenio ha sido casi el doble del experimentado en los cien años transcurridos desde 1906 hasta 2005. La disminución de la extensión de nieves y hielos: Los datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que, en promedio anual, la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en 2,7 (entre 2,1 % y 3,3%) por decenio, y en mayor medida en los veranos, en que ascendió a 7,4 (entre 5,0 % y 9,8 %) por decenio desde 1900; la extensión máxima de suelo estacionalmente congelado se ha reducido en torno a un 7% en el Hemisferio Norte, con disminuciones de hasta un 15% durante la primavera (Díaz, 2012).

### **4.3. Los índices climáticos de Tingo María**

Por qué utilizamos los índices climáticos, se utilizan para describir el estado y los cambios que se producen en el sistema clima. En la mayoría o con frecuencia se utilizan para la comparación de series de tiempo, la estimación de medias y la identificación de valores extremos y tendencias. Sin embargo, estos índices climáticos se van desarrollando hace varios años.

La evaporación desde la superficie y la transpiración de la vegetación en Tingo María por el método de Thornthwaite es de 1366,19 mm/añual. El índice de mediterraneidad mide el carácter mediterráneo de lugar, por el método de Rivas-Martínez, Tingo María no es mediterráneo por que los tres índices son menores a 1.

Este índice de humedad de Thornthwaite (IH) expresa el porcentaje de exceso o defecto de humedad, por lo tanto, desarrollado por el método de Thornthwaite fue 148,43 correspondiente al tipo de clima hiperhúmedo. El índice de continentalidad compensados por la latitud se desarrolló por dos métodos, primero por el método de Gorezynski (1920) resultó el tipo de clima hipoceánicos y por el segundo método de Currey (1974) también resulto hipoceánicos.

Otro de los índices de continentalidad se desarrolló por el método de oceanidad de Kerner como resultado muestra No oceánico por que el índice indica si es mayor de 30 es oceánico, en este caso el resultado fue menor de 30. El índice de aridez se desarrolló por dos métodos primero, índice de aridez de Lang por su valor indica húmedas de grandes bosques y como segundo el índice de aridez según De Martonne por su valor final indica perhúmeda.

Finalmente, el índice de termicidad de Rivas – Martínez, dio un resultado como Tórrido y el índice de Fournier modificado resultó una clasificación de alto (Tabla 11).

**Tabla 11.** Índices climáticos de Tingo María.

Nº	Índices climáticos	Tipo climático	Resultado
1	Evapotranspiración		
	Método Thornthwaite	-	1366,19
2	Índices de mediterraneidad		
		Im1	0,74
	Mediterraneidad de Rivas-Martínez	Im2	0,70
		Im3	0,79
3	Índice de humedad de Thornthwaite (IH)	Hiperhúmedo	148,43
4	Índices de continentalidad compensados por la latitud		
	De continentalidad de Gorezynski (1920)	Hipoceánicos	-5,33
	De continentalidad de Currey (1974)	Hipoceánicos	0,27
5	Índices de continentalidad		
	Índice de oceanidad de Kerner	No es oceánico	-3,51
6	Índices de aridez		
	Índice de aridez de Lang	Húmedas de grandes bosques	136,14
	Índice de aridez según De Martonne	Perhúmeda	97,17
7	Índice de termicidad de Rivas – Martínez	Tórrido	733,43
8	Índice de Fournier modificado	Alto	333,33

Los índices climáticos desarrollados en el periodo de 1990 – 2020 se determinaron de la siguiente manera: la evapotranspiración desarrollada por el método Thornthwaite es de 1366,19 mm/añual. El índice de mediterraneidad por el método de Rivas-Martínez, Tingo María no es mediterráneo por que los tres índices son menores a 1. Este índice de humedad de Thornthwaite (IH) desarrollado por el método de Thornthwaite es de 148,43 perteneciente al tipo de clima hiperhúmedo. El índice de continentalidad compensados por la latitud se desarrolló por dos métodos, primero por el método de Gorezynski (1920) son de clima hiperoceánicos y por el segundo método de Currey (1974) también son hiperoceánicos. El índice de continentalidad, desarrollados por el método de oceanidad de Kerner es No oceánico porque es menor de 30 K. El índice de aridez se desarrolló por dos métodos, primero índice de aridez de Lang indica húmedas de grandes bosques y el segundo índice de aridez según De Martonne indica perhúmeda. Finalmente, el índice de termicidad de Rivas – Martínez, indica como Tórrido y el índice de Fournier modificado resultó una clasificación de alto.

Otro estudio realizado en Challana, Chinchao – Huánuco también indican los siguientes sobre los índices climáticos. Índice de aridez de Lang considerada como zonas húmedas de grandes bosques. Índice de aridez De Martonne, se considera una zona de Perhúmeda. Índice de mediterraneidad de S. Rivas Martínez la cuenca Challana no es un territorio mediterráneo. Índice de continentalidad de Gorezynski se considera un clima Híper oceánicos. Índice de continentalidad de Currey se considera un clima Híperoceánico. Índice de oceanidad de Kerner se considera como un clima oceánico (Dávila, 2018).

El estudio de Muñoz (2012) realizado en la microcuenca rio Bella también consideran a los índices climáticos como: Índice de mediterraneidad de Rivas-Martínez se considera no mediterráneo. Índice de humedad de Thornthwaite pertenece a la región Hiperhúmedo. Índice de continentalidad por el método de Gorezynski y método de Currey ambos se consideran un clima Hiperoceánico. Índice de aridez según el método de Lang y De Martonne se consideran de la misma manera ambas Zonas Perhúmeda con prados y tundras. Índice de termicidad de Rivas-Martínez presenta el tipo de termicidad "Cálido" con subtipo "Tórrido". Índice de erosión potencial de Fournier presenta una erosividad "Muy Alta".

## V. CONCLUSIONES

1. Las características climáticas durante el periodo de 1990 – 2020 en Tingo María. Precipitación la media histórica fluctúa entre 3384,14 a 3403,82 mm/año, con meses lluviosos que se presentan octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo con un máximo de 815,20 mm/mes y los meses poco lluviosos presentan abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre con un mínimo de 13,10 mm/mes. La temperatura media histórica fluctúa entre 24,77 a 25,09 °C, con máximas históricas que fluctúa entre 29,61 a 29,96 °C y mínimas históricas que fluctúa entre 19,95 a 20,29 °C. con humedad relativa que fluctúa entre 82,20 a 84,29%.
2. Las tendencias del comportamiento climático varían, la precipitación en la década (1990-2000 a 2001-2010) disminuyó 87,59 mm y (2001-2010) a (2011-2020) incrementó 10,49 mm. La temperatura media en la década (1990-2000), (2001-2010) y (2011-2020) incrementó 0,92 °C, la temperatura máxima incrementó 0,88 °C y la temperatura mínima incrementó 0,93 °C. La humedad relativa en la década (1990-2000) a (2001-2010) incrementó 3,80 % y en (2001-2010) a (2011-2020) disminuyó 0,28 %. Ahora las proyecciones hasta el año 2050 en precipitación disminuye 231,29 mm, la temperatura media incrementa 2,75 °C, y la humedad relativa incrementa 10,54 %.
3. Los índices climáticos en el periodo 1990 – 2020 en Tingo María son los siguientes: La evapotranspiración por el método Thornthwaite es de 1366,19 mm/año. El índice de mediterraneidad por Rivas-Martínez no es mediterráneo. La humedad de Thornthwaite (IH) pertenece al tipo de clima hiperhúmedo. El índice de continentalidad compensados por la latitud de Gorezynski (1920) y Currey (1974) son hiperoceánicos. El índice de continentalidad de oceanidad de Kerner es No oceánico. El índice de aridez de Lang indica húmedas de grandes bosques y De Martonne indica perhúmeda. Finalmente, el índice de termicidad de Rivas – Martínez, indica el tipo de termicidad Cálido con subtipo Tórrido y el índice de Fournier modificado posee una clasificación alto.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. En los próximos estudios de caracterización incluir todas las variables necesarias del clima como la radiación solar, el viento, las nubes, presión atmosférica y otros.
2. Plantear estudios de nivel relacional como clima y agricultura, clima y suelo, clima y ganadería entre otros.
3. Mantenimiento y actualización instrumental meteorológico apropiado.
4. Monitoreo del comportamiento meteorológico e impacto en el ambiente climático.

## VII. REFERENCIAS

- Almorox, J. (2009). *Índices climáticos*. <http://ocw.upm.es/course/climatologia-aplicada-ingenieria-medioambiente?section=4>
- Arnoldus, H. (1978). *An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation*. In: M. De Boodst and D. Gabriels, eds. *Assessment of erosion*. Chichester, England: John Wiley and Sons, Inc.
- Ayllón, T. (2003). *Elementos de Meteorología y Climatología*, 2ª. edición, Trillas, México.
- Barry, R. G. (1992). *Mountain weather and climate*. London, Routledge. 402 p. (Routledge physical environment series).
- Bradley, R. S., Díaz, H. F., Eischeid, J. K., Jones, P. D., Kelly, P. M., Goodess, C. M. (1987). Precipitation fluctuations over Northern Hemisphere land áreas since the mid-19th century. *Science*, 237, 171-175.
- Brown Manrique, O., Gallardo Ballat, Y., Correa Santana, A., Barrios García, S. (2015). El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 36(1), 88-101.
- Chavarri, V. A. (2004). *Evapotranspiración*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Catedra. Lima, Perú. 10 p.
- Chávez, R. M., Manrique De Lara, L. (2003). *Análisis de tormentas para el cálculo y estudios previos al diseño de obras hidráulicas y control de inundaciones*. Tingo María, Perú. 42 p.
- Dávila Honorio, D. (2018). *Características climáticas y balance hídrico de la microcuenca Challana, Chinchao – Huánuco*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1336>
- Dell Melissal, F., Olken, J. A. (2008). *Climate Change and Economic Growth: Evidence from the last half century*. Working Paper 14132. National Bureau of Economic Research.
- Díaz Cordero, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y sociedad*, 37(2), 227-240.
- Díaz San Andrés, A. (2011-2019), última actualización: julio de 2019. [www.biogeografia.net](http://www.biogeografia.net) (versión 5.0). <https://biogeografia.net/bioclima03c.html>
- Elías, F., Castellvi, F. (2001). *Agrometeorología*. Madrid España: Mundi - Prensa Libros S.A.

- Escaith, H. (2003). Tendencias y extrapolación del crecimiento en América Latina y el Caribe. Estudios estadísticos y prospectivos. División de Estadística y Proyecciones Económicas. Impreso en Naciones Unidas. 70 p.  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4724/1/S2003721\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4724/1/S2003721_es.pdf)
- Eslava R., J. A. (1994). *Climatología del Pacífico colombiano*. Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias Geofísicas. 79 p. (Colección Eratóstenes N/ 1).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1978. Report on the Agro-Ecological Zones. Vol (1), Methodology and results for Africa.
- García, J. (1994). *Principios Físicos de Climatología*. Edic. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. P. (2014). Metodología de la investigación. 6 ed. México. 600 p.
- Jordán, A., Bellinfante, N. (2000). Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de datos pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz). *Edafología*, 7(3), 83–92.
- Lale Scaglioni, M. R. (2008). *Tendencias de la temperatura, precipitación y humedad relativa en Tingo María para el periodo 1940-2007*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS.  
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/391>
- Mallada, L. (1991). *Propuesta de un índice climático para evaluar la continentalidad termoplumiométrica*. Universidad Zaragoza. Catedra. Zaragoza, España. 100-131 p.  
<https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Propuesta-%C3%ADndice-clim%C3%A1tico.pdf>
- Manrique De Lara, L. (2018). Relación entre los parámetros meteorológicos durante el periodo 1947-2016 con el comportamiento climático en Tingo María. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Library.  
<https://1library.co/document/z1d1lgvz-relacion-parametros-meteorologicos-periodo-comportamiento-climatico-tingo-maria.html>
- Millarium, A. (2004). *Índices de termicidad*. Sevilla – España.  
<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/IndicesClima.htm#termicidad>

- Miller, G. (2007). *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*, 8va edición, Editores Internacional Thomson, México.
- Muñoz Recavarren, E. A. (2012). Caracterización edafoclimática de la microcuenca río Bella - Tingo María. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/440>
- Nimbus. (2011). El clima. Disponible en <http://nimbus.com.uy/weather/pdf/cap3.pdf>.
- Ometo, J. C. (1981). *Bioclimatología vegetal*. Sao Paulo, SP: Editora Ceres, 400 p.
- Pabón-Caicedo, J. D., Eslava-Ramírez, J. A., Gómez-Torres, R. E. (2001). Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. *Meteorología Colombiana*, 4, 47-59. [http://168.176.14.11/fileadmin/content/geociencias/revista\\_meteorologia\\_colombiana/numero04/04\\_05.pdf](http://168.176.14.11/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero04/04_05.pdf)
- Peñaherrera, C. (2004). *Enciclopedia Temática del Perú*. Geografía. 1era Edición. El Comercio S.A. Lima. Perú.
- Ramírez, L. L. (2010). *Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento - Salta*. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. 104 pp. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-estima\\_perdida\\_suelo\\_erosionh\\_cca\\_juramento\\_salta.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-estima_perdida_suelo_erosionh_cca_juramento_salta.pdf)
- Ramírez-Ortiz, F. A., Hincapié-Gómez, E., Sadeghian-Khalajabadi, S., Pérez-Gómez, U. (2007). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del departamento de Caldas. *Cenicafé*, 58(1), 40-52. <http://www.cenicafe.org/es/publications/arc058%2801%29040-052.pdf>
- Sánchez San Román, J. (2018). *Evapotranspiración*, Concepto de Evapotranspiración. Utilidad. Unidades. Dpto. Geología Univ. Salamanca. 1-9 p. <http://hidrologia.usal.es>
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). (2004). *Guía básica de meteorología general*. Lima, Perú: SENAMHI.
- Supo, J., Zacarías, H. (2020). Metodología de la investigación científica (3ra ed.). Bioestadístico EEDU EIRL.
- Valdivia, P. J. (1977). *Meteorología general*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.

- Vargas, P. (2009). El cambio climático y sus efectos en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. D.T. N°2009-14, Serie de Documentos de Trabajo. Working Paper series. 59 p.  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/cambio-climatico-sus-efectos-peru>
- Villalpando, J., J. Ruiz. (1993). Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Ed. Limusa, S.A. México, D.F.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Tablas complementarias

**Tabla 12.** Datos de la precipitación de Tingo María.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ac.	Prom.
1990	607,3	248,9	205,3	213,6	242,4	172,3	257,1	81,7	111,9	372,2	325,5	414,7	3252,9	271,1
1991	506,9	250,6	363,9	322,3	124,4	181,7	59,9	37,8	96,2	292,2	391,0	372,8	2999,7	250,0
1992	306,9	486,0	403,5	342,3	303,1	236,3	71,1	347,6	301,1	461,3	406,9	523,6	4189,7	349,1
1993	458,3	263,7	298,2	266,3	241,1	92,2	202,6	219,7	346,1	235,6	520,0	562,7	3706,5	308,9
1994	672,0	494,7	250,8	299,5	161,1	67,4	164,1	54,3	235,9	302,9	281,2	815,2	3799,1	316,6
1995	373,8	323,7	533,4	166,7	136,3	72,9	153,0	72,6	148,1	390,6	308,4	488,2	3167,7	264,0
1996	508,9	508,9	261,3	438,0	267,7	152,6	45,7	124,1	219,3	266,8	277,5	178,3	3249,1	270,8
1997	396,3	247,1	295,5	218,8	310,3	173,2	152,2	91,2	240,6	207,3	359,2	741,8	3433,5	286,1
1998	332,6	316,2	502,7	450,8	297,9	156,9	59,1	95,2	102,7	220,8	416,6	282,3	3233,8	269,5
1999	568,1	466,9	544,4	217,3	324,4	184,7	196,8	67,6	108,3	73,8	358,0	353,6	3463,9	288,7
2000	588,1	466,9	544,4	217,3	324,4	184,7	190,8	61,6	171,3	171,5	185,9	367,5	3474,4	289,5
2001	442,1	313,3	593,9	175,9	217,7	128,9	186,4	41,6	180,2	202,2	455,3	301,2	3238,7	269,9
2002	303,6	590,7	405,9	306,9	413,5	149,4	190,1	145,0	137,3	262,4	500,0	483,6	3888,4	324,0
2003	240,3	460,2	343,3	305,4	328,8	228,6	100,2	248,9	216,8	270,5	329,8	592,4	3665,2	305,4
2004	304,4	298,1	420,0	180,6	137,0	86,9	237,0	73,6	196,8	303,3	466,1	339,7	3043,5	253,6
2005	238,8	299,3	545,7	118,4	142,7	190,0	56,2	81,6	204,9	259,7	208,7	553,4	2899,4	241,6
2006	286,6	533,7	432,9	277,7	100,8	123,5	71,1	118,3	205,2	389,6	488,9	600,7	3629,0	302,4
2007	539,7	263,9	437,6	305,3	191,9	13,1	168,6	95,5	119,8	274,6	278,4	484,0	3172,4	264,4
2008	428,5	537,4	352,9	200,2	116,0	106,0	228,2	54,2	166,3	339,7	138,7	373,1	3041,2	253,4
2009	490,0	405,6	307,1	301,9	340,6	169,5	184,0	150,0	177,6	111,8	406,9	522,8	3567,8	297,3
2010	308,2	589,8	399,9	265,8	193,4	107,5	118,7	54,1	95,4	193,3	476,8	279,1	3082,0	256,8
2011	475,7	535,3	555,8	376,3	198,8	127,3	110,2	66,6	278,8	169,1	377,9	311,2	3583,0	298,6
2012	375,0	446,8	463,2	357,1	79,8	150,2	49,4	35,6	91,1	378,3	276,3	442,1	3144,9	262,1
2013	441,1	469,0	405,7	423,6	205,1	173,2	103,4	248,7	191,0	496,3	286,5	423,7	3867,3	322,3
2014	353,0	284,4	417,1	229,6	206,2	180,6	48,3	46,9	256,5	500,7	413,7	478,6	3415,6	284,6
2015	465,5	534,2	302,6	280,6	296,2	127,1	173,1	50,8	43,5	147,9	235,3	404,9	3061,7	255,1
2016	475,5	406,7	373,3	151,1	215,2	172,7	105,0	77,7	115,8	165,1	340,3	421,6	3020,0	251,7
2017	391,0	475,8	432,7	204,2	326,1	158,6	26,9	142,4	221,0	341,3	688,2	349,9	3758,1	313,2
2018	404,4	305,9	246,5	224,8	181,2	182,6	62,4	214,6	80,4	485,5	94,1	454,4	2936,8	244,7
2019	547,6	159,1	500,9	212,0	214,2	128,2	230,6	64,5	122,8	312,6	365,8	690,3	3548,6	295,7
2020	527,8	373,9	351,6	294,8	219,7	367,5	262,2	29,2	132,2	129,6	290,9	700,0	3679,4	306,6
Max	672,0	590,7	593,9	450,8	413,5	367,5	262,2	347,6	346,1	500,7	688,2	815,2	3394,0	282,8
Media	430,9	398,6	403,0	269,2	227,7	153,1	137,6	106,2	171,4	281,6	353,2	461,5		
Min	238,8	159,1	205,3	118,4	79,8	13,1	26,9	29,2	43,5	73,8	94,1	178,3		
D.E.	111,3	119,2	103,9	83,7	82,9	62,0	71,2	76,3	71,0	114,9	121,7	146,5		

**Tabla 13.** Datos de la temperatura máxima de Tingo María.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1990	28,5	29,4	29,7	29,9	29,0	28,8	28,4	30,2	29,9	29,3	29,0	28,8	29,2
1991	28,4	29,3	28,2	29,8	30,1	29,5	28,4	29,1	29,7	29,0	28,9	29,9	29,2
1992	30,1	29,8	29,8	29,7	30,0	29,2	28,4	29,0	29,4	29,5	29,2	28,8	29,4
1993	29,3	28,8	29,0	29,5	29,6	29,5	29,3	29,3	29,5	29,1	28,7	28,7	29,2
1994	28,6	27,7	29,4	29,2	30,1	28,5	28,5	29,7	30,1	30,2	28,9	29,4	29,2
1995	29,3	29,0	28,8	30,1	29,6	29,6	29,4	30,4	30,8	29,8	29,8	29,5	29,7
1996	28,1	28,4	29,0	29,0	29,5	29,4	29,2	29,6	30,4	29,9	29,6	28,9	29,3
1997	27,8	28,4	29,1	29,9	29,4	29,0	29,9	29,4	30,5	30,8	29,6	29,6	29,5
1998	30,4	30,2	30,3	30,4	30,4	29,5	30,0	30,6	30,6	30,6	29,9	29,4	30,2
1999	28,0	28,3	28,1	29,2	28,7	28,4	29,0	29,9	30,2	30,7	30,4	29,4	29,2
2000	28,6	28,2	27,8	28,9	29,7	29,1	28,4	30,1	30,0	30,5	30,6	29,2	29,3
2001	28,3	28,7	28,6	30,3	29,5	28,9	29,4	29,7	30,5	30,7	29,3	30,3	29,5
2002	29,8	28,5	29,3	29,8	29,7	29,3	28,7	30,1	30,1	30,3	29,4	29,3	29,5
2003	29,9	29,4	29,4	29,5	29,6	29,5	29,3	29,5	30,3	31,4	30,4	29,3	29,8
2004	30,1	28,5	30,2	30,2	29,7	28,6	28,5	28,3	29,1	29,9	29,4	29,7	29,4
2005	31,0	30,4	29,2	30,1	30,3	29,9	29,4	30,8	30,4	30,1	31,1	29,4	30,2
2006	29,4	29,1	29,1	30,3	29,6	29,3	30,4	30,3	30,7	30,3	29,6	29,0	29,8
2007	29,3	29,2	29,1	30,0	29,7	30,3	29,6	30,1	30,7	30,1	30,2	30,0	29,9
2008	28,8	28,1	28,3	29,6	29,2	29,1	29,4	30,4	30,2	30,3	30,8	29,2	29,5
2009	29,1	29,2	29,5	29,7	29,9	29,2	29,6	30,4	30,8	31,0	29,9	28,4	29,7
2010	29,4	29,7	30,8	30,4	30,2	30,2	29,8	31,2	31,7	30,8	30,2	29,2	30,3
2011	28,2	27,4	28,8	30,2	29,7	29,6	30,1	30,8	30,4	29,5	30,7	29,1	29,5
2012	29,9	27,8	30,3	30,1	30,7	30,1	29,9	30,9	31,1	30,7	30,9	29,2	30,1
2013	31,2	28,9	29,3	30,8	29,9	29,6	29,5	30,1	31,2	30,4	29,8	30,3	30,1
2014	28,6	29,0	29,5	29,8	30,3	30,1	29,4	30,4	31,1	30,4	30,2	29,6	29,9
2015	29,6	28,7	30,4	30,1	29,9	30,2	30,0	31,1	32,4	30,7	31,3	30,3	30,4
2016	31,7	30,4	30,5	31,2	30,7	29,7	30,8	31,3	31,0	31,2	32,1	30,2	30,9
2017	28,9	29,7	29,7	30,9	31,0	30,6	30,3	31,5	31,1	31,5	30,2	30,3	30,5
2018	30,1	29,8	29,6	29,9	30,6	29,4	30,4	30,7	32,3	30,5	29,6	30,3	30,3
2019	29,9	29,6	30,2	30,5	31,0	30,8	30,3	31,2	31,4	30,4	31,1	29,8	30,5
2020	30,0	29,5	30,1	30,5	30,6	30,1	30,4	31,1	31,6	30,9	30,9	30,2	30,5
Prom	29,4	29,0	29,4	30,0	29,9	29,5	29,5	30,2	30,6	30,3	30,1	29,5	29,8
D.E.	1,0	0,8	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6	0,8	0,5	

**Tabla 14.** Datos de temperatura mínima de Tingo María.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1990	20,3	20,7	20,5	20,8	20,2	19,9	19,0	19,1	19,4	20,2	19,4	19,4	19,9
1991	20,4	20,2	20,2	20,3	20,3	19,8	16,9	17,7	18,5	19,2	20,0	20,3	19,5
1992	20,3	20,2	20,2	20,0	20,1	19,1	17,6	18,1	19,0	19,0	19,4	19,7	19,4
1993	19,4	19,6	19,5	19,7	19,7	18,7	18,5	18,2	19,0	19,6	20,0	20,2	19,3
1994	19,9	20,1	19,9	20,3	19,0	18,0	17,9	17,6	18,8	19,5	19,6	20,4	19,3
1995	20,1	20,0	20,8	20,4	19,4	19,3	18,9	19,2	19,3	20,1	20,6	20,4	19,9
1996	20,3	20,3	20,6	20,0	19,7	18,9	17,4	18,5	18,0	18,5	18,9	19,2	19,2
1997	19,3	19,5	20,0	20,2	19,7	19,3	18,6	18,9	19,8	20,6	20,9	21,0	19,8
1998	21,4	21,4	21,3	21,2	19,8	19,0	18,4	18,9	18,6	19,3	19,5	19,1	19,8
1999	19,0	19,3	19,2	19,0	19,2	18,6	18,6	19,0	19,9	19,8	20,2	19,9	19,3
2000	19,6	19,5	20,2	20,5	20,4	19,7	19,0	19,3	20,2	20,0	21,1	19,8	19,9
2001	20,0	20,0	20,3	20,5	20,6	19,3	19,6	18,9	19,8	20,8	20,6	20,8	20,1
2002	20,3	20,4	20,5	21,2	21,0	19,7	19,6	19,3	19,7	20,0	20,1	20,7	20,2
2003	20,8	20,5	20,0	20,1	19,7	19,1	18,7	19,6	19,7	21,1	21,0	20,8	20,1
2004	21,1	20,3	21,3	20,9	20,4	19,4	19,4	18,3	19,1	20,3	20,9	21,2	20,2
2005	20,9	21,4	21,1	21,1	21,0	19,9	19,0	19,5	19,9	20,2	20,6	20,7	20,4
2006	20,7	20,9	20,7	20,6	19,7	18,9	19,9	20,0	20,0	21,0	20,7	21,0	20,3
2007	21,3	21,1	20,8	20,9	20,9	20,0	19,7	19,5	19,4	20,2	21,1	20,8	20,5
2008	20,5	20,6	20,4	20,9	20,2	19,7	19,3	20,3	19,7	20,2	21,2	20,7	20,3
2009	20,6	20,6	20,6	20,7	20,5	19,9	19,9	20,2	20,4	20,9	21,0	21,0	20,5
2010	21,2	21,2	21,4	21,3	21,1	20,4	19,7	19,6	20,0	20,3	20,6	20,5	20,6
2011	20,5	20,0	20,4	20,4	20,5	20,1	19,7	19,5	19,7	20,6	21,2	20,9	20,3
2012	20,9	20,4	20,4	20,7	20,3	19,8	18,9	19,3	19,4	20,6	21,2	20,7	20,2
2013	21,1	20,7	21,2	20,6	20,7	20,1	19,2	19,8	20,1	20,7	20,9	21,0	20,5
2014	20,8	21,0	20,9	21,2	21,2	20,6	19,7	19,1	20,0	20,4	21,2	20,9	20,6
2015	20,8	20,9	21,0	20,5	20,6	20,1	19,7	19,8	20,1	20,6	21,3	21,1	20,5
2016	21,5	21,5	21,2	21,0	20,6	19,7	19,0	19,7	19,7	20,3	21,1	20,8	20,5
2017	20,5	21,0	20,8	21,2	21,2	20,8	19,6	19,8	20,9	20,9	21,1	21,1	20,7
2018	20,6	21,2	21,4	20,6	19,7	19,7	19,5	19,0	20,0	21,0	21,3	21,4	20,5
2019	21,0	21,0	21,0	21,2	20,9	20,4	20,2	19,3	20,5	20,8	21,3	21,3	20,7
2020	21,5	21,5	21,2	21,0	20,6	19,7	19,0	19,7	19,7	20,3	21,1	20,5	20,5
<b>Prom</b>	20,5	20,5	20,6	20,6	20,3	19,6	19,0	19,2	19,6	20,2	20,6	20,6	20,12
<b>D.E.</b>	0,64	0,62	0,55	0,52	0,60	0,62	0,78	0,68	0,62	0,63	0,68	0,60	

**Tabla 15.** Datos de la temperatura media de Tingo María.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1990	24,4	25,0	25,1	25,3	24,6	24,3	23,7	24,6	24,6	24,7	24,2	24,1	24,6
1991	24,4	24,7	24,2	25,0	25,2	24,6	22,6	23,4	24,1	24,1	24,4	25,1	24,3
1992	25,2	25,0	25,0	24,8	25,0	24,1	23,0	23,5	24,2	24,2	24,3	24,2	24,4
1993	24,3	24,2	24,2	24,6	24,6	24,1	23,9	23,7	24,2	24,3	24,4	24,4	24,2
1994	24,2	23,9	24,6	24,7	24,5	23,2	23,2	23,6	24,4	24,8	24,2	24,9	24,2
1995	24,7	24,5	24,4	25,2	24,5	24,4	24,1	24,8	25,0	24,9	25,2	24,9	24,7
1996	24,2	24,3	24,8	24,5	24,6	24,1	23,3	24,0	24,2	24,2	24,2	24,0	24,2
1997	23,5	23,9	24,5	25,0	24,5	24,1	24,2	24,1	25,1	25,7	25,2	25,3	24,6
1998	25,9	25,8	25,8	25,8	25,1	24,2	24,2	24,7	24,6	24,9	24,7	24,2	25,0
1999	23,5	23,8	23,6	24,1	23,9	23,5	23,8	24,4	25,1	25,2	25,3	24,6	24,2
2000	24,1	23,8	24,0	24,7	25,0	24,4	23,7	24,7	25,1	25,2	25,8	24,5	24,6
2001	24,2	24,4	24,5	25,4	25,1	24,1	24,5	24,3	25,1	25,8	25,0	25,5	24,8
2002	25,0	24,4	24,9	25,5	25,2	24,5	24,1	24,7	24,9	25,1	24,7	25,0	24,8
2003	25,3	24,9	24,7	24,8	24,6	24,1	23,9	24,5	24,9	26,2	25,7	25,1	24,9
2004	25,6	24,3	25,7	25,5	25,0	24,0	23,9	23,3	24,1	25,1	25,1	25,4	24,8
2005	25,9	25,9	25,1	25,6	25,6	24,9	24,2	25,1	25,1	25,1	25,8	25,0	25,3
2006	25,0	25,0	24,9	25,4	24,6	24,6	24,6	25,1	25,3	25,6	25,1	25,0	25,0
2007	25,3	25,1	24,9	25,4	25,3	25,1	24,6	24,8	25,0	25,1	25,6	25,4	25,1
2008	24,3	24,6	24,3	25,2	24,7	24,4	24,3	25,3	24,9	25,2	26,0	24,9	24,8
2009	24,8	24,9	25,0	25,2	25,2	24,5	24,7	25,3	25,6	25,9	25,4	24,7	25,1
2010	25,3	25,4	26,1	25,9	25,6	25,3	24,7	25,3	25,8	25,5	25,4	24,8	25,4
2011	24,3	23,7	24,6	25,3	25,1	24,8	24,8	25,1	25,0	25,0	25,9	25,0	24,9
2012	25,4	24,1	25,3	25,4	25,5	24,9	24,4	25,1	25,2	25,6	26,1	24,9	25,2
2013	26,0	24,8	25,2	25,7	25,3	24,8	24,3	24,9	25,6	25,5	25,3	25,6	25,3
2014	24,6	25,0	25,2	25,5	25,7	25,3	24,5	24,7	25,5	25,4	25,7	25,2	25,2
2015	25,2	24,8	25,6	25,3	25,2	25,1	24,8	25,4	26,2	25,7	26,3	25,7	25,4
2016	26,6	26,0	25,7	26,1	25,6	24,7	24,9	25,5	25,3	25,7	26,6	25,5	25,7
2017	24,7	25,3	25,2	26,0	26,1	25,7	24,9	25,6	26,0	26,2	25,6	25,7	25,6
2018	25,4	25,6	25,5	25,4	25,6	24,6	24,9	25,1	26,1	25,6	25,4	25,8	25,4
2019	25,4	25,3	25,6	25,8	25,9	25,6	25,2	25,3	25,9	25,6	26,2	25,5	25,6
2020	25,8	25,5	25,7	25,8	25,6	24,9	24,7	25,4	25,7	25,6	26,0	25,4	25,5
Prom	24,9	24,8	25,0	25,3	25,1	24,5	24,2	24,7	25,1	25,2	25,3	25,0	24,93
D.E.	0,74	0,65	0,59	0,47	0,50	0,56	0,61	0,66	0,60	0,55	0,67	0,49	

**Tabla 16.** Datos de la humedad relativa de Tingo María.

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Febr</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1990	85,0	81,0	83,0	84,0	82,0	81,0	81,0	77,0	76,0	80,0	81,0	82,0	81,1
1991	85,0	84,0	87,0	85,0	85,0	85,0	82,0	80,0	80,0	83,0	84,0	84,0	83,7
1992	83,0	83,0	84,0	82,0	81,0	78,0	76,0	78,0	79,0	78,0	81,0	82,0	80,4
1993	81,0	82,0	84,0	84,0	81,0	82,0	85,0	81,0	78,0	81,0	84,0	84,0	82,3
1994	83,0	83,0	61,0	82,0	79,0	78,0	77,0	76,0	77,0	78,0	81,0	82,0	78,1
1995	83,0	84,0	87,0	63,0	59,0	80,0	64,0	61,0	57,0	64,0	65,0	83,0	70,8
1996	87,0	87,0	85,0	84,0	83,0	81,0	78,0	79,0	78,0	81,0	80,0	83,0	82,2
1997	87,0	86,0	85,0	83,0	84,0	84,0	81,0	81,0	81,0	81,0	84,0	86,0	83,6
1998	86,0	86,0	86,0	86,0	84,0	82,0	79,0	79,0	79,0	79,0	84,0	84,0	82,8
1999	88,0	87,0	86,0	84,0	84,0	83,0	81,0	75,0	78,0	77,0	80,0	83,0	82,2
2000	88,0	85,0	86,0	84,0	82,0	82,0	88,0	78,0	78,0	79,0	80,0	82,0	82,7
2001	85,0	85,0	86,0	82,0	86,0	86,0	85,0	79,0	80,0	80,0	85,0	83,0	83,5
2002	86,0	90,0	86,0	87,0	85,0	83,0	84,0	81,0	81,0	83,0	85,0	87,0	84,8
2003	84,0	85,0	85,0	85,0	84,0	83,0	80,0	82,0	79,0	80,0	82,0	85,0	82,8
2004	82,0	86,0	84,0	84,0	84,0	85,0	87,0	86,0	86,0	85,0	86,0	87,0	85,2
2005	85,0	86,0	88,0	86,0	86,0	86,0	84,0	81,0	82,0	84,0	82,0	85,0	84,6
2006	85,0	86,0	86,0	83,0	82,0	84,0	81,0	81,0	81,0	83,0	85,0	87,0	83,7
2007	88,0	88,0	88,0	86,0	86,0	84,0	84,0	83,0	82,0	83,0	81,0	83,0	84,7
2008	85,0	88,0	88,0	85,0	84,0	86,0	84,0	85,0	84,0	85,0	85,0	89,0	85,7
2009	89,0	89,0	88,0	88,0	86,0	86,0	86,0	85,0	80,0	82,0	86,0	90,0	86,3
2010	87,0	87,0	84,0	85,0	85,0	86,0	86,0	83,0	84,0	86,0	87,0	88,0	85,7
2011	89,0	91,0	88,0	87,0	86,0	86,0	86,0	84,0	85,0	86,0	85,0	86,0	86,6
2012	86,0	91,0	86,0	86,0	85,0	85,0	85,0	88,0	84,0	84,0	83,0	86,0	85,8
2013	84,0	87,0	87,0	84,0	85,0	85,0	86,0	84,0	82,0	86,0	85,0	84,0	84,9
2014	88,0	88,0	85,0	85,0	86,0	85,0	83,0	83,0	83,0	84,0	82,0	86,0	84,8
2015	85,0	86,0	85,0	84,0	85,0	84,0	84,0	83,0	80,0	81,0	82,0	83,0	83,5
2016	82,0	84,0	85,0	83,0	82,0	83,0	82,0	81,0	81,0	82,0	81,0	84,0	82,5
2017	87,0	86,0	86,0	86,0	84,0	82,0	85,0	83,0	82,0	82,0	85,0	84,0	84,3
2018	86,0	85,0	84,0	85,0	84,0	85,0	83,0	82,0	79,0	83,0	87,0	87,0	84,2
2019	85,0	84,0	85,0	84,0	84,0	84,0	84,0	82,0	82,0	84,0	82,0	86,0	83,8
2020	85,0	85,0	85,0	84,0	84,0	83,0	83,0	82,0	81,0	82,0	83,0	86,0	83,6
<b>Max</b>	89,0	91,0	88,0	88,0	86,0	86,0	88,0	88,0	86,0	86,0	87,0	90,0	83,24
<b>Prom</b>	85,45	85,97	84,94	83,87	83,13	83,45	82,39	80,74	79,97	81,48	82,68	84,87	
<b>Min</b>	81,0	81,0	61,0	63,0	59,0	78,0	64,0	61,0	57,0	64,0	65,0	82,0	
<b>D.E.</b>	2,08	2,39	4,65	4,15	4,80	2,22	4,48	4,67	4,89	4,06	3,89	2,14	

## Anexo 2. Panel fotográfico



**Figura 9.** Procesando información.



**Figura 10.** Limpieza de la garita termopluviométrica.



**Figura 11.** Recolección de datos con el encargado Santos Inocente Morán Feria.



**Figura 12.** Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez, Tingo María.



## CONSTANCIA

***EL JEFE DEL GABINETE DE METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA, DE LA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA, DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES***

**HACE CONSTAR:**

Que el tesista, **LUCIO DANIEL MANRIQUE DE LARA GARCIA**, identificado con **DNI N° 72474403**, ha culminado el procesamiento y uso de los datos climatológicos; periodo 1990 a 2020, de la estación base Tingo María, José Abelardo Quiñonez.

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

Tingo María, 31 de mayo de 2022

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
GABINETE DE METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

Ing. Msc. Lucio Manrique De Lara Suárez

JEFE