

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



**ANÁLISIS METEOROLÓGICO Y DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES
CLIMÁTICOS DEL PERIODO 1999 – 2020 EN TARAPOTO**

TESIS

Para optar el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA,

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TAPIA MULLER, Edgar Roberto

Tingo María - Perú

2021



**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA**

1.	DATOS	GENERALES	DE	POSGRADO
	Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva		
	Escuela de Posgrado	: EPG - UNAS		
	Maestría	: Ciencias en Agroecología		
	Mención	: Gestión Ambiental		
	Título de Tesis	: Análisis Meteorológico y Determinación de los índices climáticos del periodo 1999 – 2020 en Tarapoto		
	Autor	: Edgar Roberto Tapia Muller		
	Asesor(es)	: Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez		
	Programa de investigación	: Climatología		
	Línea de Investigación	: Cambio climático		
	Eje temático de investigación	: Comportamiento meteorológico		
	Lugar de ejecución	: Tarapoto – región San Martín		
	Duración	: Fecha de inicio: junio 2021		
		: Fecha término: diciembre 2021		
	Financiamiento	: Precio S/. 7,824.30 nuevos soles		
	FEDU	: No		
	Propio	: Si		
	Otros	: No		

DEDICATORIA

Con un grato sentimiento de felicidad, dedico esta de tesis a mis padres, Esposa e hijos, por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida personal y profesional, además, por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores.

A mis familiares y amigos, que, de alguna manera, a lo largo de mi vida, han aportado de manera positiva en mis metas personales y académicas.

AGRADECIMIENTO

Durante la ejecución de este proyecto de investigación, diversas personas contribuyeron de forma directa e indirecta, a quienes hago extensivo mi sincero reconocimiento.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por darme la oportunidad de seguir formándome como profesional y por brindarme los servicios necesarios para sacar adelante este proyecto, asimismo, a la Unidad de Posgrado de la facultad de Recursos Naturales Renovables, profesores y trabajadores, por su apoyo en mi formación superior.

A mis asesores, el doctor Lucio Manrique de Lara Suarez, quien me brindó su apoyo, amistad, confianza y consejos en la ejecución de este proyecto.

A los miembros del jurado, Dr. Ladislao Ruiz Rengifo, Dr. José Lévano Crisóstomo, M.Sc. Bermudez, por la revisión técnica y científica de la presente investigación.

A mis amigos y colegas, que, con su amistad, apoyo y solidaridad, contribuyeron de forma personal y moral en el logro de mis objetivos.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. El Clima.....	4
2.1.1. El clima en la Amazonía.....	5
2.1.2. Temperatura.....	5
2.1.3. Precipitación.....	9
2.1.4. Humedad atmosférica.....	11
2.2. Modelos climáticos.....	12
2.3. Impacto del cambio climático.....	12
2.4. Cambios climáticos.....	13
2.4.1. Evidencias del cambio climático en la época actual.	13
2.5. Método para hallar tendencias.....	14
2.5.1. Pasos para la prueba de hipótesis (Gujarati, 1997):.....	14
2.5.2. Prueba aumentada de Dickey Fuller (ADF).....	14
2.5.3. Vector auto regresivo (VAR).....	15
2.5.4. Metodología de Johansen (1991).....	15
2.6. Elementos climáticos.....	16
2.7. Factores climáticos.....	17
2.8. Fluctuaciones climáticas.....	17
2.8.1. Norma y Anomalía Climática.....	22
2.8.2. Cambio climático.....	22
2.8.3. Cambios observados en la temperatura.....	23
2.8.4. Las temperaturas sobre la capa de superficie en registros desde satélites y globos meteorológicos.	25
2.8.5. Las temperaturas en la superficie durante el período preinstrumental, según registros indirectos.	26
2.9. Cambio climático en el Perú.....	27

2.10.	Indices climaticos.....	27
2.10.1.	Evapotranspiración	28
2.10.2.	Índice de humedad de Thornthwaite (IH).....	29
2.10.3.	Índices de continentalidad.....	29
2.10.4.	Índices de aridez	31
2.10.5.	Índice de termicidad de Rivas – Martínez.....	33
2.10.6.	Índice de Fournier modificado.....	34
2.11.	Diagrama Ombrotérmico.....	35
2.11.1.	Ejemplos de diagramas ombrotérmico.....	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	67
3.1.	Descripción de la zona de estudio	67
3.1.1.	Ubicación	67
3.1.2.	Ubicación geográfica	67
3.1.3.	Mapa de ubicación.....	67
3.1.4.	Características climáticas.....	67
3.1.5.	Fisiografía	68
3.1.6.	Ecología.....	68
3.1.7.	Hidrología	68
3.1.8.	Accesibilidad.....	68
3.2.	Materiales.....	68
3.2.1.	Materiales de escritorio	68
3.2.2.	Materiales de computo	68
3.3.	Metodología	68
3.3.1.	Índices climáticos de los años 1999 – 2020.....	69
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	76
4.1.	Comportamiento de las variables meteorológicas, temperatura, precipitación y humedad relativa.	76
4.1.1.	Comportamientos de la temperatura máxima.....	76
4.1.2.	Comportamientos de la temperatura mínima	77

4.1.3.	Comportamientos de la temperatura media mensual	78
4.1.4.	Comportamientos de la humedad relativa.....	79
4.1.5.	Comportamientos de la precipitación anual.....	80
4.2.	Índices climáticos	81
4.2.1.	Variación de la evapotranspiración de los años 1999 – 2020.	81
4.2.2.	Índice de humedad de Thornthwaite.....	81
4.2.3.	Índice de continentalidad	82
4.2.4.	Índice de aridez.....	81
4.2.5.	Índice de Termicidad.....	81
4.2.6.	Índice de Fournier modificado.....	82
4.2.7.	Diagrama Ombrotermico	84
4.3.	Estimar las fluctuaciones y sus tendencias de las variables en estudio.	95
4.3.1.	Fluctuaciones y sus tendencias de la Temperatura máxima.	95
4.3.2.	Fluctuaciones y sus tendencias de la Temperatura mínima.....	97
4.3.3.	Fluctuaciones y sus tendencias de la Temperatura media.	99
4.3.4.	Fluctuaciones y sus tendencias de la humedad relativa promedio mensual (%)..	101
4.3.5.	Fluctuaciones y sus tendencias de la precipitación total mensual (mm)...	103
V.	CONCLUSIONES.....	106
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	107
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
VIII.ANEXOS	110

Índice de tablas

Tabla 1. Tiempo necesario de observaciones expresado en años para las regiones tropicales. .	4
Tabla 2. Regiones de Humedad según Thrnthwaite	29
Tabla 3. Índice de continentalidad de Gorezynski.	30
Tabla 4. Índice de continentalidad de Currey	31
Tabla 5. Índice de aridez segun Lang	32
Tabla 6. Índice de aridez según Martonne	33
Tabla 7. Tipos de Termicidad	37
Tabla 8. Clasificación del Índice de Fournier	38
Tabla 9. Índices climáticos y metodologías empleadas	69
Tabla 10. Variación de la evapotranspiración del periodo 1999 al 2020 en Tarapoto	77
Tabla 11. Índice de humedad de Thornthwaite periodo 1999 al 2020 de Tarapoto	79
Tabla 12. Índice de continentalidad periodo 1999 al 2020 en Tarapoto.....	80
Tabla 13. Índice de aridez según Lang y Martonne periodo 1999 al 2020 de Tarapoto.....	81
Tabla 14. Índice de termicidad periodo 1999 al 2020 de Tarapoto.	82
Tabla 15. Índice de Fournier periodo 1999 al 2020 de Tarapoto.....	83
Tabla 16. Diagrama ombrotérmico del periodo 1999 - 2020.....	84
Tabla 17. Temperatura máxima	110
Tabla 18. Temperatura mínima	112
Tabla 19. Temperatura media mensual.....	114
Tabla 20. Humedad Relativa promedio mensual	1167
Tabla 21. Precipitación total mensual.....	118

Índice de figuras

Figura 1. Tendencia de temperatura mundial.....	191
Figura 2. Temperatura del aire observadas	21
Figura 3. Anomalías en la temperatura anual combinada del aire.	23
Figura 4. Temperatura sobre la capa de la superficie	25
Figura 5. Temperaturas en la superficie durante el periodo preinstrumental.....	26
Figura 6. Ejemplo de diagrama ombrotérmico en climas oceánicos.....	39
Figura 7. Ejemplo de diagrama ombrotermico para climas mediterráneo.....	40
Figura 8. Mapa de Ubicación de Tarapoto.....	67
Figura 9. Tendencia de la temperatura en °C, máxima promedio mensual.	76
Figura 10. Tendencia de la temperatura en °C, mínima promedio mensual.....	77
Figura 11. Tendencia de la temperatura media en °C mensual.....	78
Figura 12. Humedad relativa promedio mensual en porcentaje (%).	79
Figura 13. Precipitación total mensual (mm).....	80
Figura 14. Diagrama ombrotermico periodo 1999 al 2020.....	84
Figura 15. Diagrama Ombrotérmico año 1999	85
Figura 16. Diagrama Ombrotérmico año 2000	85
Figura 17. Diagrama Ombrotérmico año 2001	86
Figura 18. Diagrama Ombrotérmico año 2002	86
Figura 19. Diagrama Ombrotérmico año 2003	87
Figura 20. Diagrama Ombrotérmico año 2004	87
Figura 21. Diagrama Ombrotérmico año 2005	88
Figura 22. Diagrama Ombrotérmico año 2006	88
Figura 23. Diagrama Ombrotérmico año 2007	89
Figura 24. Diagrama Ombrotérmico año 2008	89
Figura 25. Diagrama Ombrotérmico año 2009	90
Figura 26. Diagrama Ombrotérmico año 2010	90
Figura 27. Diagrama Ombrotérmico año 2011	91
Figura 28. Diagrama Ombrotérmico año 2012	91
Figura 29. Diagrama Ombrotérmico año 2013	92
Figura 30. Diagrama Ombrotérmico año 2014	92
Figura 31. Diagrama Ombrotérmico año 2015	92
Figura 32. Diagrama Ombrotérmico año 2016	93

	10
Figura 33. Diagrama Ombrotérmico año 2017	93
Figura 34. Diagrama Ombrotérmico año 2018	94
Figura 35. Diagrama Ombrotérmico año 2019	94
Figura 36. Diagrama Ombrotérmico año 2020	95
Figura 37. Diagnóstico de los residuos del modelo.....	96
Figura 38. Predicción de la temperatura máxima para 20 años.....	97
Figura 39. Diagnóstico de los residuos del modelo.....	98
Figura 40. Predicción de la temperatura mínima para 20 años.	99
Figura 41. Diagnóstico de los residuos del modelo.....	100
Figura 42. Predicción de la temperatura media 2021-2022.	101
Figura 43. Diagnóstico de los residuos del modelo.....	102
Figura 44. Predicción de humedad relativa promedio mensual % 2021-2022.	103
Figura 45. Diagnóstico de los residuos del modelo.....	104
Figura 46. Predicción Precipitación total mensual (mm) en el 2021-2022.....	105
Figura 47. Tendencias de temperaturas (máxima, mínima y media) período 1999-2020.	105
Figura 48. Correlograma de temperatura máxima promedio en °C mensual.....	120
Figura 49. Correlograma parcial de temperatura máxima promedio en °C mensual	120
Figura 50. Correlograma de temperatura mínima promedio en °C mensual	121
Figura 51. Correlograma parcial de temperatura mínima promedio en °C mensual.....	121
Figura 52. Correlograma de temperatura media.....	122
Figura 53. Correlograma parcial de temperatura media.	122
Figura 54. Correlograma de humedad Relativa promedio (%).	123
Figura 55. Correlograma parcial de humedad Relativa promedio (%).	123
Figura 56. Correlograma de precipitación total mensual (mm)	124
Figura 57. Correlograma parcial de precipitación total mensual (mm).	124

RESUMEN

El comportamiento de la variabilidad climática se presenta en diferentes escalas de tiempo. No hay estaciones climáticas marcadas durante el año en Tarapoto, por lo tanto, se realizó un estudio con el objetivo de analizar el comportamiento meteorológico y la determinación de los índices climáticos durante el periodo 1990 - 2020 en Tarapoto. Dicho estudio se realizó con los datos obtenidos de los registros de la Estación MAP El Porvenir ubicada políticamente, región San Martín, provincia San Martín y distrito de Juan Guerra, 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 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 está en decremento y la humedad relativa está en incremento.

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

ABSTRACT

The behavior of climate variability occurs on different time scales. There are no marked climatic seasons during the year in Tarapoto, therefore, a study was carried out with the objective of analyzing the meteorological behavior and the determination of the climatic indices during the period 1990 - 2020 in Tarapoto. This study was carried out with the data obtained from the records of the El Porvenir MAP Station located politically, San Martín region, San Martín province and Juan Guerra district, during the period from 1990 to 2020, where the following variables temperature, precipitation, relative humidity, evapotranspiration by the Thornthwaite method, Rivas-Martínez landlocked indices, Thornthwaite humidity index (HI), Gorezynski (1920) continentality indices, Currey (1974) continentality index, Lang aridity index, De Martonne aridity index, Rivas-Martínez thermicity index, modified Fournier index. As a result, temperature is increasing, precipitation is decreasing, and relative humidity is increasing.

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

I. INTRODUCCIÓN

El clima está influenciado por muchos factores, que están interconectados de maneras intrincadas. Como promedio de una variable, contrariamente a las nociones tradicionales de clima, ahora se considera que es el estado de la atmósfera que cambia a través de su correlación con océanos y continentes en diferentes escalas temporales y espaciales. Cuando un parámetro climático, como la precipitación o la temperatura, excede su valor promedio durante muchos años, se denomina anomalía climática causada por influencias internas, como la inestabilidad atmosférica y/u oceánica, o por influencias externas. Variaciones en la intensidad de la radiación recibida radiación solar, incluso variación en la naturaleza de la tierra (aparición simultánea de gases de efecto invernadero, cambios en el uso del suelo, etc.)

El temperamento climático anormal que se ha vivido en el último siglo, o se vivirá en las próximas décadas, puede implicar algunos cambios en la forma en que ahora estamos viviendo el cambio interanual, quinquenal o interdecadal. Eventos como de el Niño o de la Niña, con mayor frecuencia, y más intensos, los vientos, las heladas, las nevadas, son más notorios, de alguna manera tanto la atmósfera como consecuencia de la acción humana podría presentar cambios climáticos.

Los efectos de un clima anormal o extraordinario en diversas áreas de la actividad humana han llevado a la sociedad, incluyendo a sus instituciones y gobiernos, a interesarse por el problema del cambio climático. Estudiar los impactos potenciales del cambio climático, la inseguridad de las regiones al clima extremo incluso las posibles medidas de adaptación frente a tales cambios, pero para especificar medidas de verificación globales, regionales o locales, primero se debe entender el problema del cambio climático, particularmente analizando el alcance y las limitaciones del discernimiento investigador actual.

Objetivo general

Relacionar los parámetros meteorológicos durante el periodo 1990 2020 con los índices climáticos en Tarapoto.

Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento de las variables meteorológicas, precipitación, humedad relativa y temperatura.
- Determinar los índices climáticos en el periodo de estudio del 1999 a 2020.
- Estimar las fluctuaciones y sus tendencias de las variables en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Clima

Viene a ser el conjunto de manifestaciones meteorológicas y atmosféricas que suceden en él. se aplican los valores promedios de distintos componentes meteorológicos para determinar estos climas, durante un cierto lapso, según el acuerdo que tomaron en la Conferencia Internacional de directores de Servicios Meteorológicos realizada en el año 1935 en Varsovia, probablemente de 30 años. Por este motivo, si los valores promedio determinados para dos treintenos diferentes serán opuestos, se aprecia que existe una oscilación climática (Seoánez 2001).

“El tiempo que se requiere para las observaciones (en años) para la obtención normal climatológica representativa (Landberg y Jacob 1951), citado por (Valdivia 1977)”, es:

Tabla 1. Tiempo necesario de observaciones expresado en años para las regiones tropicales.

	Isla	Costa	Llanura	Sierra
Temperatura	5	8	10	15
Humedad	1	2	3	6
Precipitación	30	40	40	50

Muchas conferencias internacionales han discutido la necesidad de una serie normal que tenga en cuenta varios elementos climáticos, por lo que en la Conferencia Internacional de Varsovia en 1935, pasó el período de 1901 a 1930. Las precipitaciones solo se calculan del 1891 al 1930. A pesar de que, debido a ciertos conflictos, los valores entre 1931 y 1960 fueron aceptados como valores normales.

La descomposición del clima en los componentes estudiados se califica elementos climáticos, dichos elementos son radiación solar y radiación terrestre, temperatura, humedad, viento, nubes, precipitación, temperatura y humedad del suelo, etc. La relación entre los elementos climatológicos es extensa y complicada, se suele ignorar la mayoría de ellos por razones prácticas, concentrándose en las inspecciones básicas sobre la temperatura del aire y la precipitación, que parecen ser elementos que influyen más en la biosfera, aunque ahora último se toman como referencia datos mucho más completos sobre la humedad relativa.

“En este factor climático, la línea geográfica es la más importante. Necesito recordar que la causa básica de la atmósfera es la posición relativa de la tierra en comparación con el sol. Otro mayor factor climático es el aumento, lo que causa el nivel del mar y los sitios

alrededor del punto de observación. Diferentes temperaturas y humedad en la altura, así como el desorden de la atmósfera. Además, las propiedades de la tierra son un gran factor climático. Los componentes geológicos, la vegetación o las capas de nieve, por ejemplo, pueden ajustar las condiciones de viento o humedad. La orientación del piso y su exposición es un cuarto factor que vale la pena considerar. Cuando esto sucede con la línea geográfica, la posición de la tierra de la Tierra ajustará la velocidad de radiación solar y puede llevar a una gran cantidad de calefacción o menos. El último factor climático que consideramos es prevenir o nivelar la eliminación de áreas de monitoreo relacionadas con océanos, mar y otras aguas grandes. Cuanto mayor sea el número de aislamiento para el viento del mar, más humedad será una volatilidad estacional (Seoánez, 2001)”.

2.1.1. El clima en la Amazonía

“La singularidad general del clima amazónico típicamente son tropicales, con altas temperaturas, atmósfera persistentemente húmeda y abundantes precipitaciones estivales en el sur. Estas propiedades meteorológicas varían en altitud y clima forestal que se presenta aproximadamente entre los 1.000 y 3.900 m.s.n.m. Las junglas se elevan de 400 a 1000 m.s.n.m. El bosque es bajo y de 70 a 400 m.s.n.m y el clima tropical de selva alta entre los 400 y 1000 m.s.n.m, el clima de la Amazonía se caracteriza por su variación térmica diaria, aunque esta es menor que la selva. Esto es lo que sucede cuando durante el día hace calor y en las noches son frescas, como en el pueblo de Tingo María ya que a orillas del río Huallaga, donde las bajas temperaturas nocturnas ayudan a que la humedad atmosférica se condense en la hierba y las hojas en forma de rocío. La temperatura media anual está por debajo de los 24,5°C (Peñaherrera, 2004)”.

2.1.2. Temperatura

“En particular, la temperatura del aire está gobernada por la radiación solar incidente, pero está fuertemente influenciada por las propiedades de la superficie terrestre, especialmente la variación entre la tierra y el agua, la elevación y los vientos predominantes (Elías y Castellvi, 2001). La energía solar varía con cambios en la radiación conducen a cambios en la temperatura, por otro lado, los cambios de temperatura se deben a diferencias en la distribución y magnitud de las diferencias, tipos de superficie y alturas (Nimbo 2016)”

2.1.2.1. Variación temporal de la temperatura del aire

El factor es eventual y espacialmente variable y en tanto debe ser estudiado desde esta perspectiva: es importante analizar los factores que alteran los ciclos diarios y anuales de las olas de calor y el clima, a saber (García, 1994):

- Variación en un ciclo de 24 horas o comportamiento horario conocido como ciclo de temperatura diurna u ola de calor diurna.
- En el transcurso de 12 meses, la velocidad mensual que provoca los ciclos anuales de temperatura u olas de calor anuales.
- Comportamiento plurianual, donde se analizan ciclos o trenes climáticos.
- Permite comprender el comportamiento mensual anual de los ciclos climáticos estacionales.

Cuando queremos representar la temperatura típica del clima de una región, utilizamos la llamada temperatura media "normal", que es un indicador climático básico que sirve para estudiar, comparar y clasificar el clima, por así decirlo, si el clima no varía de año en año, se debe registrar para un determinado La temperatura promedio del lugar. Debido a que Perú está ubicado en los trópicos, se requieren al menos 10 años de observaciones continuas para determinar las temperaturas normales.

Cada mes debe registrarse la temperatura mensual lo cual suma las temperaturas medias mensuales de un determinado mes (por ejemplo, enero) correspondientes a una serie de años y dividiendo el total por el número de años de la serie. Continuó de igual manera durante los 11 meses restantes. Así al final de cada mes, comparando el promedio mensual con la tarifa mensual normal, sabremos si hace más frío o más calor, respectivamente.

Valdivia, 1977. La temperatura normalmente que debe registrarse cada año es la temperatura media. Se consigue sumando y sacando el promedio las temperaturas anuales medias a lo largo del número de años que registra. Este suele utilizarse para comparar el clima en diferentes regiones del país perjudica el valor de la magnitud de la temperatura debilitándolo, en especial en situaciones más ricas como los bosques y las selvas. Los cambios diarios de temperatura dependen de otros factores o de la presencia de fenómenos meteorológicos como precipitación, nubosidad, evaporación, condensación, etc.

Uno de los determinantes de la temperatura es la masa de aire del frente antártico, que provoca un descenso brusco de la temperatura en la selva alta (Anexo 3, Anexos A y B), lo que refleja en el descenso de la temperatura mínima absoluta en Puerto Maldonado, Pucallpa,

Iquitos y Tingo María. Son solo unos pocos días, y ahí es cuando pasa la masa de aire frío. Ocurrió más intenso hacia finales de junio. Actualmente, se conoce que las temporadas frías ocurren durante todo el año, pero sus efectos se sienten con fuerza solo en aquellos que ocurren durante el invierno (Peñaherrera, 2004).

García, 1994. Los mayores cambios de temperatura en los trópicos y zonas tropicales son diarios, pero en latitudes más altas los cambios anuales son mayores. La temporada que hace más calor durante el año suele ser unas cuatro semanas después del solsticio de verano, mientras que la temporada más fría suele ser unas cuatro semanas después del solsticio de invierno.

2.1.2.2. Variación anual de la temperatura

La Tierra gira una vez al año alrededor del sol, dando como resultado cuatro estaciones: invierno, primavera, verano, y otoño. Hay que agregar, sumado a esto, el eje de rotación de la Tierra está inclinado a su plano orbital, por ello el ángulo de incidencia de los rayos del sol varía con las estaciones y es diferente para cada hemisferio. Para ver los cambios basta con estudiar los meses de enero y julio ya que son más extremos. El estado térmico anual muestra un valor superior alrededor del solsticio de verano y un valor mínimo alrededor del solsticio de invierno. El hemisferio norte es más cálido que el sur durante junio, julio y agosto, porque recibe mayor energía solar. El hemisferio sur recibe mayor energía solar que el hemisferio norte, durante diciembre, enero y febrero, por ello es más cálido.

2.1.2.3. Variación diaria de la temperatura

Elías y Castellvi (2001) mencionaron dado que: “La radiación entrante es mayor que la radiación emitida, las temperaturas diurnas aumentan rápidamente y continúan aumentando hasta después de una a tres horas de que el sol llega a su máxima altitud. Luego continuó cayendo durante la noche, registrándose los valores más bajos, generalmente alrededor del amanecer”. Suponiendo que no exista cambios en la masa de aire ni otros resultados que puedan perturbar, las fluctuaciones diarias de temperatura dependen principalmente de:

- En cuanto al estado del cielo, cuando hay nubosidad, dado que la mayor parte de la radiación emitida por el suelo y la atmósfera es absorbida y devuelta por la capa de nubes, la temperatura máxima es menor y la temperatura mínima es mayor.
- En cuanto a la estabilidad del aire, si hay inversión de temperatura, es mayor porque la capa de aire caliente es pequeña y la temperatura sube rápidamente hasta que se rompe la inversión de temperatura

- En cuanto a la naturaleza de la superficie, las oscilaciones diarias en la superficie del mar son menores que en la superficie, ocurriendo el máximo una hora y media después de que el sol alcance su altura máxima (antes de que se produzca un equilibrio entre la radiación entrante y emitida), debido a la calentura del agua.

Debido a la rotación terrestre se determina como la variación de temperatura entre el día y la noche. La radiación solar en el día es generalmente mucho más que la radiación terrestre, por lo que la superficie terrestre se sobrecalienta. Por la noche, no hay radiación solar, solo la radiación terrestre está activa, enfriando así la superficie. Este enfriamiento continúa hasta el amanecer. Por lo tanto, la temperatura más baja generalmente ocurre poco antes del amanecer.

2.1.2.4. Ciclo diario y anual de la temperatura en las capas inferiores del aire

Elías y Castellvi (2001), dicen que, desde el punto de vista macro climático, se entiende por temperatura verdadera del aire, la temperatura registrada con un instrumento de medida cuyo sensor esté en contacto con el aire y se encuentre protegido de la radiación (garita Stevenson, psicrómetro onda, superficie niquelada en el aspirósicrómetro, etc.). Si se consideran espacios más pequeños, hay que emplear termómetros eléctricos (temporales, de resistencia, etc), que pueden ser protegidos y ventilados artificialmente. La marcha diaria de la temperatura, en verano predomina la estratificación térmica que corresponde al tipo de radiación incidente, y en invierno, la que corresponde al de radiación emitida.

Cuadrat y Pita (2004), manifiestan que una de las características peculiares del microclima es que resulta más extremado al acercarse al suelo. Las mayores oscilaciones de temperatura pueden ser reforzadas en su acción por el efecto destructivo de las bajas temperaturas mediante los procesos de helada y deshielo, cuya frecuencia es mayor del suelo y en las capas superficiales del mismo.

2.1.2.5. Proceso de calentamiento y enfriamiento de las capas de aire próximas al suelo.

Durante las horas centrales del día, el movimiento de calor desde la superficie del suelo a las capas más profundas del mismo tiene lugar principalmente por conducción molecular. También es una verdadera conducción molecular el flujo de calor desde

la superficie del suelo a las moléculas de aire próximas al mismo. En las capas inferiores del aire, es muy difícil la medida de la temperatura, ya que resultan perturbadas por los sensores de medida y los valores obtenidos pueden ser poco representativos. La capa de aire en la que predominan los fenómenos de conducción de calor es de un espesor muy pequeño, incluso puede ser inferior a 1mm. Por encima de esta capa, donde predomina el transporte de calor por verdadera conducción molecular, hay una zona en la que existe una intensa difusión turbulenta bajo la influencia de un fuerte gradiente de temperatura, si bien resulta restringida por el efecto de frenado de la superficie del terreno. Sobre esta capa intermedia hay otra superior en la que actúa plenamente la difusión turbulenta y que abarca la mayor parte de la masa de aire en las proximidades del suelo. A pesar de que actúa la difusión turbulenta, es posible, si la intensidad del calentamiento desde las capas inferiores es muy elevada, que se mantengan gradientes verticales de temperatura superiores a $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ durante el tiempo en que predomina la radiación incidente (Elías y Castellvi, 2001).

(Cuadrat y Pita, 2004).”Una característica particular del clima cerca del suelo es la condición extremadamente perturbadora de la temperatura. En las capas de aire próximas al suelo, el enfriamiento nocturno, es el resultado de la radiación emitida por este último, e incluso algún tiempo antes de la puesta del sol el balance radiactivo del suelo puede ser negativo”. La superficie del suelo se enfría por radiación y con ella el aire en su proximidad. Este enfriamiento es más intenso en las capas más próximas a la superficie, decreciendo con la altura

La latitud, la proximidad o la distancia al océano y la topografía afectan la temperatura. Debido a la diferencia en la capacidad (capacidad calorífica) de absorber y emitir radiación entre la tierra y el agua, en tal sentido la temperatura de la superficie del agua varía menos que la de la tierra. En los continentes hay que ser consciente que existen varios tipos de suelo, y cada uno tiene sus características: desierto, selva, polar, etc. “Además, hay suelos muy húmedos (pantanos) que actúan de manera parecida a las superficies de agua. Las laderas más cálidas son las que reciben más luz solar. En regiones templadas, las condiciones más favorables son pendientes alrededor de 45° y hacia el sur o sureste. La diferencia entre una pendiente orientada al sur y otra pendiente orientada al norte puede ser de hasta un 25 % durante todo el año. Esto perjudica a la vegetación.

2.1.3. Precipitación

Villon (2002) “Reconoce que cualquier condición húmeda que comience con nubes llegará incluso a la superficie del pavimento, la precipitación puede ser en el caso de Garuas, granizo, lluvia, nieve, según esta observación.”

2.1.3.1. Causas de la precipitación

Es indispensable incrementar el volumen de pequeñas gotas de agua en la nube para que se produzca velocidad y por gravedad puedan descender. En su decadencia estas se juntan con otras gotas suspendidas o que se formaron recientemente, las cuales conforman una superficie de condensación a la que se integra vapor de agua. Por estas razones, las gotas cuando incrementan su cantidad precipitan su decadencia pronta proporcionalmente directa a su tamaño, por lo que ocurre lo siguiente:

- Desde la base de la nube, las gotas de agua encuentran que el aire no está lleno y la temperatura es más alta que la temperatura de la nube por lo que provoca la evaporación.
- Debido a que es una nube de baja a media, las gotitas de agua en el aire están cerca del punto de saturación, lo que permite que las gotitas de agua golpeen el suelo en forma de lluvia ligera. Cuando estas gotas provienen de grandes altitudes donde la temperatura está por debajo del punto de congelación, también pueden aparecer como granizo o nieve.
- Cuando alcanzan la parte más baja, se encuentran con aire saturado o nubes del género Stratus o Nimbus. En este caso, habrá fuertes lluvias.

2.1.3.2. Variación de las precipitaciones

Dado que la precipitación es un componente meteorológico que más varía y discontinuos que difiere significativamente de una región del mundo, es probable que se estudie un área solo si hay una larga serie de datos estadísticos que cubren muchos años de registros. Para desarrollar un clima no solo se debe conocer su precipitación normal anual, sino cómo es su distribución a lo largo del año y su frecuencia, cómo se distribuyen las lluvias anuales a lo largo de los 12 meses del año. Se denomina "régimen pluviométrico" Valdivia (1977).

La frecuencia de las precipitaciones describe el número de días al año en los que llueve. La precipitación total de lluvias infrecuentes pero intensas o lluvias ligeras durante días prolongados es de gran valor para la actividad económica ilimitada.

2.1.3.3. Análisis de las precipitaciones

La precipitación total diaria, mensual y anual obtenida a lo largo de los años en una estación multifocal constituye varios datos que se deben analizar con principios estadísticos para poder describir el polimorfismo, el cuadrado del área, este sistema debe

corresponder a una aritmética media de la altura de las barras de precipitación Mensual o anual durante la serie de años más larga posible. (Valdivia 1977).

2.1.3.4. Variación espacial y temporal de precipitación

(García, 1994) En la Serranía del país, la situación de las precipitaciones muestra que en verano se presenta la mayor precipitación, pero por lo general comienza en agosto y septiembre y aumenta en los meses siguientes, excepto noviembre, que suele representar una reducción hasta alcanzar un pico en febrero o valor máximo en marzo y luego decreciente hasta desaparecer en mayo y junio. La precipitación anual varía de 75 mm al comienzo de la vertiente occidental a 800 mm en la vertiente oriental. Esto hace que las montañas sean semiáridas. En la selva de Perú el régimen es parecido al de Sierra, excepto que la precipitación anual varía de 800 mm a más de 2500 mm, presentando la precipitación cambios temporales con inundaciones y sequías.

2.1.3.5. Clasificación de lluvias

(García, 1994). Se clasifican en convectivos, topográficos o de convección forzada, ciclónicos, frontales, etc. La mayor parte del tiempo en la selva se presentan precipitaciones de origen convectivo, producto del ascenso por diferencias en la densidad del aire cálido y húmedo en la superficie, generalmente ocurren alrededor del mediodía y después del mediodía y son de carácter tormentoso, en cambio en la Predominan las lluvias topográficas de la sierra peruana.

(Peñaherrera, 2004). “En la Amazonía, el Anticiclón del Atlántico Sur incide en una gran cantidad de aire caliente y húmedo que cruza la Amazonía y llega a nuestra Amazonía, aumentando la humedad en la región y la intensidad de las lluvias en la vertiente oriental de los Andes”.

2.1.4. Humedad atmosférica.

Se denomina que la humedad es la cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera. Cuando el planeta empieza a calentarse, también aumenta el desplazamiento de la atmósfera para retener la humedad. En la década desde 1988, ha habido un aumento dramático en el vapor de agua atmosférico sobre los océanos, un cambio que no puede explicarse por la variabilidad climática natural.

Según informes y proyecciones del SENAMHI, registros de información satelital y necesidades de corroborar los archivos locales con la información existente,

vinculando los aspectos ambientales con la calidad de vida de la población, especialmente por las excursiones termales.

2.1.4.1. Variación temporal de humedad relativa

Dado que la humedad relativa es una labor de la temperatura, su evolución temporal es mayor durante las mañanas frescas o los meses fríos de invierno, y menor durante las horas que hace más calor, las tardes y los meses calurosos de verano. Su latitud indica que las latitudes de alta temperatura tienen valores bajos y viceversa (García, 1994).

(Seoánez, 2002) La humedad relativa necesita de la temperatura, por lo que la variable de temperatura diaria está mejorando en la noche y cae durante el día. También hay un cambio de temporada, con una humedad relativamente más grande en el invierno que en el verano porque la baja temperatura crea cantidad máxima de agua que puede contener el aire inferior. Cuando dependa directamente con la temperatura, también puede haber diferencias locales en el aire dependiendo de las condiciones climáticas

2.2. Modelos climáticos

Para definir si el defecto tiene características suficientes que cambia el equilibrio del sistema climático, se utilizan modelos de simulación para hacer proyecciones climáticas futuras. Un modelo climático es una descripción simple de cómo funciona el sistema climático. Consiste en ecuaciones matemáticas que representan y modelan las leyes y procesos que gobiernan el sistema climático para pronosticar las consecuencias de los cambios que ocurren en esos procesos.

Para definir la validez del modelo, examinamos si es representativo del clima actual y climas pasados conocidos. Si el producto no es satisfactorio, modifique el modelo hasta obtener los resultados correctos. Introducir modificaciones en algunos componentes del sistema ayuda a modelar probables cambios climáticos (Fuentes, 2000).

2.3. Impacto del cambio climático

Fuentes, 2000. Los ejemplos de cambio climático predicen un aumento general de las temperaturas en el siglo XXI El cambio climático provocará un desplazamiento de los bosques boreales (por encima de los 50° de latitud norte-sur) y los bosques templados (entre 25° y 50° en ambos hemisferios) hacia latitudes más altas. Los bosques (ubicados a 25° norte y sur del ecuador) se verán beneficiados, aunque el mayor riesgo estará relacionado con el aumento de población en estas áreas (actualmente la deforestación alcanza los 50° en África tropical y los 40° en América del Sur tropical)

2.4. Cambios climáticos

Si bien la década de 1980 se consideró la década más extraña del siglo XX, los eventos meteorológicos de la década de 1990 confirmaron la persistencia de estas condiciones extremas e incluso parecían estar en aumento. Los 150 años de datos meteorológicos disponibles nos muestran cambios sistemáticos en la precipitación promedio, pero solo una serie de años más húmedos o más secos. Por el contrario, los estudios estadísticos ha mostrado el aumento de 0,5°C en la temperatura media mundial en el siglo XX (Fuentes, 2000).

Para el estudio del cambio climático pasado, los períodos de tiempo y la evidencia asociada se pueden dividir en tres grandes categorías (García, 1994):

- Períodos del orden de millones de años: Para el estudio del paleoclima mediante la paleoclimatología.
- Períodos en los últimos milenios cuyo significado puede interpretarse en relación con las formas de vida del período de la Tierra más joven: Estos se encuentran en las provincias de la geocronología.
- Serie temporal, categoría que corresponde a los más recientes años para los que se dispone de registros (datos) climáticos.

2.4.1. Evidencias del cambio climático en la época actual.

(García, 1994) Actualmente, la principal hipótesis, en línea con la realidad, gira en torno a la presencia de fluctuaciones climáticas en torno a condiciones medias; El clima cálido se alterna con periodos de frío, y la sequía se alterna con clima húmedo. Algunos de los acontecimientos que reafirman dichos cambios son los siguientes datos:

- Sobre inundaciones y sequías.
- Sobre las épocas de sembrío y recolección.
- Referentes a puertos y ríos que se elevan.
- Alteraciones en el grosor de las capas concéntricas de los troncos de los árboles.
- Los bosques existen en áreas donde actualmente no hay suficiente lluvia para sostenerlos; de manera similar, la turba en la tierra está demasiado seca actualmente.
- Irrigación donde abunda la lluvia en nuestro tiempo. Actualmente no existen acueductos y embalses donde se pueda recolectar agua.
- Depósitos de sal, de antiguos lagos secos.
- Avance y retroceso de los glaciares.

2.5. Método para hallar tendencias.

Prueba de Dickey-Fuller (DF), citado por Gujarati (1997), sugieren las siguientes ecuaciones para determinar la presencia o no de raíces unitarias.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \delta Y_{t-1} + u_t$$

La distinción de las tres regresiones envuelve la presencia de componentes determinísticos: Intercepto (drift), es un modelo puramente aleatorio y tendencia (T), es un modelo que agrega un intercepto o término de deriva, drift y la tercera incluye intercepto y un término de tendencia. El parámetro de interés en las 3 regresiones es δ .

2.5.1. Pasos para la prueba de hipótesis (Gujarati, 1997):

a) Planteamiento de hipótesis:

H: $\delta = 0$ La Serie es no estacionaria: Tiene una raíz unitaria

H: $\delta \neq 0$ La Serie es estacionaria

b) Estadísticos para la prueba

$t^* = \tau = \text{ADF}$ y los valores críticos de MacKinnon

c) Regla de decisión:

Comparen el valor de tau con los valores críticos de MacKinnon

Si $|t^| \leq |\text{valor crítico DF}| \Rightarrow \text{Rechace a } H_0 . \text{ Serie estacionaria}$*

Si $|t^| > |\text{valor crítico DF}| \Rightarrow \text{Acepte a } H_0 . \text{ Serie No Estacionaria}$*

d) Conclusión:

PCE ... Como $|t^*| > |\text{valor crítico DF}| \dots$ Serie no estacionaria

PDI ... Como $|t^*| > |\text{valor crítico DF}| \dots$ Serie no estacionaria

2.5.2. Prueba aumentada de Dickey Fuller (ADF)

La prueba Dickey Fuller aumentada (ADF) representa la variante de la prueba DF para modelos de series temporales más grandes y complejas. El ADF representa números negativos. Cuanto más negativa sea el estadístico ADF (en relación con el valor

critico), mayor será el rechazo de la hipótesis nula de que exista una raíz unitaria o no estacionariedad. Las ecuaciones de regresión ADF se construyen sobre la base de la regresión pero las amplían para incluir variables.

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \delta Y_{t-1} + \gamma \sum_{i=0}^p Y_{t-i} + e_t$$

“Use este estadístico cuando la prueba de DF no pueda corregir la correlación serial en los residuos” (Gujarati, 1997).

2.5.3. Vector auto regresivo (VAR)

Es un modelo lineal de n variables, donde cada variable se explica por su propio rezago y los valores de rezago de las restantes variables endógenas, un modelo autorregresivo está formado únicamente por variables endógenas. A menudo se utilizan para predecir sistemas correlacionados a partir de series temporales y analizar los efectos dinámicos de perturbaciones aleatorias en sistemas de variables (Stock y Watson -2000).

2.5.4. Metodología de Johansen (1991)

“La definición de este método es debido a una generalización multivariada del procedimiento de Dickey y Fuller. Si X_t es un vector de n variables que siguen un proceso AR(1):”

$$X_t = A_t X_{t-1} + \zeta_t$$

Entonces, restando X_{t-1} en ambos lados de la ecuación se obtiene:

$$\Delta X_t = A_t X_{t-1} - X_{t-1} + \zeta_t = (A_t - I) X_{t-1} + \zeta_t = \Pi X_{t-1} + \zeta_t$$

Si Π es una matriz cero tal que $\rho(\pi)=0$, entonces todas las variables son procesos de raíz unitaria ($\Delta X_t = \zeta_t$) y no existe una combinación lineal estacionaria de X_t , por lo que las variables no están cointegradas. Todas las variables son estacionarias si $\rho(\pi) = \varphi$, entonces todas las variables son estacionarias. Como el Dickey-Fuller aumentado (ADF) es generalizable, el modelo para un proceso de mayor orden se obtendría reparametrizando de la siguiente manera:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + \dots + \zeta_t$$

restando X_{t-1} de ambos lados:

$$\Delta X_t = (A_1 - I) X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + \dots + A_p X_{t-p} + \zeta_t$$

sumando y restando $(A_1 - I)X_{t-2}$ a la derecha:

$$\Delta X_t = (A_1 - I)X_{t-1} + (A_2 + A_1 - I)X_{t-2} + A_3X_{t-3} + \dots + A_pX_{t-p} + \zeta_t$$

sumando y restando $(A_2 + A_1 - I)X_{t-3}$ a la derecha:

$$\Delta X_t = (A_1 - I)\Delta X_{t-1} + (A_2 + A_1 - I)\Delta X_{t-2} + (A_3 + A_2 + A_1 - I)X_{t-3} + \dots + A_pX_{t-p} + \zeta_t$$

Sumando y restando sucesivamente se obtiene el algoritmo:

$$\Delta X_t = \sum_{i=1}^p \Delta X_{t-i} + \Pi X_{t-p} + \zeta_t ,$$

$$\text{donde } \Pi = -[I - \sum_{i=1}^p A_j] ; \Pi$$

Esta es la fórmula general, es el Modelo de Corrección de Errores (ECM) donde la adaptación se hace con retardos "p". Por lo tanto, tenga en cuenta que el término de corrección para la relación de largo plazo es ΠX_{t-p} , es decir un ajuste de esta relación en el período t-p tiene un efecto "p" períodos posteriores, lo que significa que la especificación de este modelo generalmente tiene una "p" bastante baja.

Dado que la determinación del número de vectores de cointegración depende del área de Π y, también depende del número de ceros característicos de la matriz, por lo que es necesario utilizar una prueba para verificar la raíz de este número de "n" raíces de la matriz $\Pi(\lambda_i)$ donde $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$, se puede proponer dos pruebas:

(1) H_0 : el número de vectores de Cointegración es $\leq r$

$$\lambda_{\text{TRACE}}(R) = -T \sum_{i=r+1}^n \text{Ln}(1 - \lambda_i) , \text{ cuanto mayor número de } \lambda_s \text{ sean iguales a}$$

cero, menor será el λ_{TRACE} .

(2) H_0 : número de vectores de Cointegración = r.

(3) H_1 : número de vectores de Cointegración = r + 1.

2.6. Elementos climáticos

“Valdivia (1977) trata a diversos fenómenos atmosféricos como elementos climáticos que en conjunto establecen las propiedades climáticas de cierto lugar, la temperatura,

la humedad y la precipitación, estos fenómenos se limitan en unos pocos casos de uso, considerando solo la temperatura y la precipitación, tienen impactos más notorios en la vida en general".

2.7. Factores climáticos

Consideramos factores climáticos a las características específicas y constantes de un lugar que establecen preferentemente el clima y provocan cambios en los factores climáticos, que se mencionan a continuación:

- Latitud geográfica, que establece la magnitud de la inclinación de los rayos del sol que caen sobre un lugar y determina la duración del día.
- Altitud, que determina la calidad de temperatura, humedad y turbulencia del aire.
- Las propiedades del suelo, es decir, su composición, la humedad o la vegetación o la nieve que cubre el suelo, determinan las propiedades especiales.
- La orientación de un lugar hacia una dirección definida, resultando en una mayor o menor incidencia de la radiación solar, lo que resulta en un mayor o menor grado de calentamiento del suelo, como en las montañas, condiciones de sol y sombra.

2.8. Fluctuaciones climáticas

El término volatilidad climática nos lleva necesariamente a dos conceptos: variabilidad y cambio climático. La variabilidad está estrechamente relacionada con el clima atmosférico, solo es altamente dinámico, sino que también evoluciona constantemente, pero siempre dentro de intervalos normales predeterminados; el concepto de variabilidad es que los factores climáticos son tan variables que muestran una gran variación durante treinta años o más. promedios La variación climática una particularidad inherente del clima, su variabilidad en el tiempo, que puede describirse como su desviación de la media estadística, medida en minutos, y viceversa, durante 30 años. El cambio climático, por otro lado, produce el cambio climático al exhibir continuamente valores que son considerablemente diferentes al promedio (también conocido como clima normal) durante 30 años o más. (Organización Meteorológica Mundial, 1992).

Ambos conceptos apuntan a una pregunta más amplia: la elección de la escala espaciotemporal puede determinar, por un lado, el promedio de 30 años del clima y, por otro, si las fluctuaciones observadas en la radiación térmica son parte del cambio climático. Intercambios naturales en el clima, o si constituyen a la variación del clima. Lo anterior

constituye uno de los ejercicios intelectuales más difíciles: trazar fronteras (Sánchez-Santillán, 1999).

Y por qué definimos o nos referimos a la expresión de cambios climáticos recientes, si suponemos, de un puente de vista de la climatología, que se observan y detectan variaciones en los parámetros climáticos. “Los fenómenos corresponden, en su magnitud y duración, a la variabilidad del clima, fluctuaciones o fluctuaciones y no cambio climático en el sentido estricto de la palabra.(Pérez, 2006)”.

“1998 y 2005 fueron los años mayormente cálidos que se registraron para la temperatura global de la superficie desde 1850. La temperatura de la superficie en 1998 fue exacerbada por El Niño entre 1997 y 1998, pero esta situación anómala no ocurrió en 2005. En los últimos doce años (1995 a 2006) once excluyendo 1996, los doce años mayormente cálidos desde que comenzaron los registros en 1850-2005), $0,74\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$, superior a la tendencia de calentamiento de 100 años en el momento de la cobertura del Tercer Informe de Evaluación (TAR) (1901-2000), $0,6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, debido a años cálidos adicionales. El aumento total de la temperatura desde 1850-1899 hasta 2001-2005 fue de $0,76\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,19\text{ }^{\circ}\text{C}$.

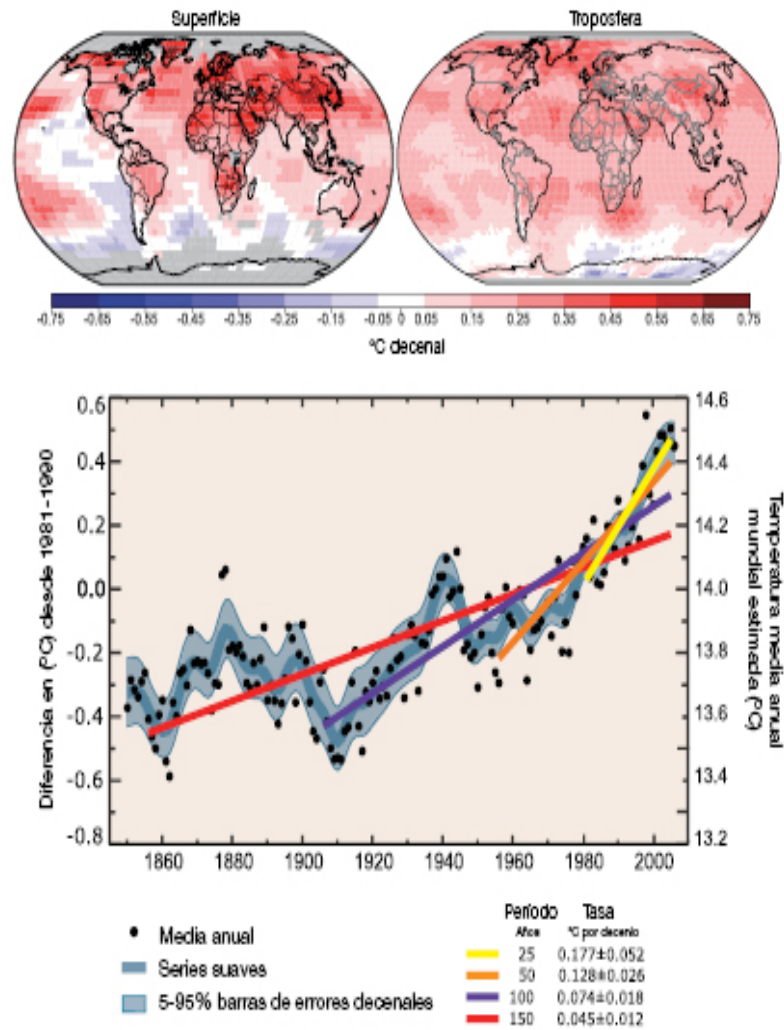


Figura 1. Tendencia de temperatura mundial.

Modelos de tendencias lineales de la temperatura global considerado en la superficie (izquierda) y la tropósfera (derecha) de 1979 hasta 2005. El gris indica áreas con datos incompletos. Temperatura media anual global (puntos negros) con ajuste lineal de datos. El eje de la izquierda muestra la anomalía de temperatura promedio entre 1961 y 1990, y el eje de la derecha muestra las estimaciones de temperatura actual, ambas en ° C. Se muestran las tendencias lineales de los últimos 25 años (amarillo), 50 años (naranja), 100 años (púrpura) y 150 años (rojo). La curva azul suave demuestra el cambio por década, y el margen de error del 90 % por década se muestra como una banda azul claro en la línea. De 1850 a 1899 a 2001 a 2005, el aumento total de la temperatura fue de $0,76\text{ °C} \pm 0,19\text{ °C}$.

Los impactos de la urbanización y el uso de la tierra no son relevantes para la propagación del calentamiento global de los océanos observados. Hay evidencia de que las zonas urbanas. Los estudios realizados últimamente confirman que el impacto de la

urbanización y la variación de uso del suelo en el repertorio global de temperatura es insignificante (menos de $0,006\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década en la tierra y cero en el océano), en comparación con el promedio a nivel hemisférico y regional, calidad y se llevan a cabo verificaciones de consistencia para subsanar posibles inclinaciones (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático 2007).

Los nuevos análisis que utilizan mediciones acústicas satelitales y de microondas de temperaturas troposféricas bajas y medias muestran que las tasas de calentamiento a menudo se relacionan entre sí y con las tasas de temperatura superficial registradas en el rango de grados que abarcan los períodos 1958-2005 y 1979-2005, respectivamente. Esto corrige por lo general la diferencia observada en el Tercer Informe de Evaluación (TIE) del IPCC. El registro de sondeo de microondas es menos completo espacialmente que el registro de superficie. Más evidencia muestra que los datos de sondeo de microondas no son confiables, especialmente en los trópicos. Los cálculos de tendencias se han mejorado significativamente y las diferencias de información del TIE se han reducido, a pesar de los ajustes por cambios de satélites, órbitas decrecientes y horas cambiantes (efectos del ciclo diurno).

Si se tienen en cuenta los efectos estratosféricos en el canal 2 del URS, los registros satelitales de las temperaturas troposféricas parecen ser en gran medida coherentes con las tendencias de la temperatura de la superficie. Desde 1979, el cambio entre diferentes unidades de información sobre el calentamiento global de la superficie ha oscilado entre $0,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década y de $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0,19\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década según la temperatura troposférica URS. (www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/html).

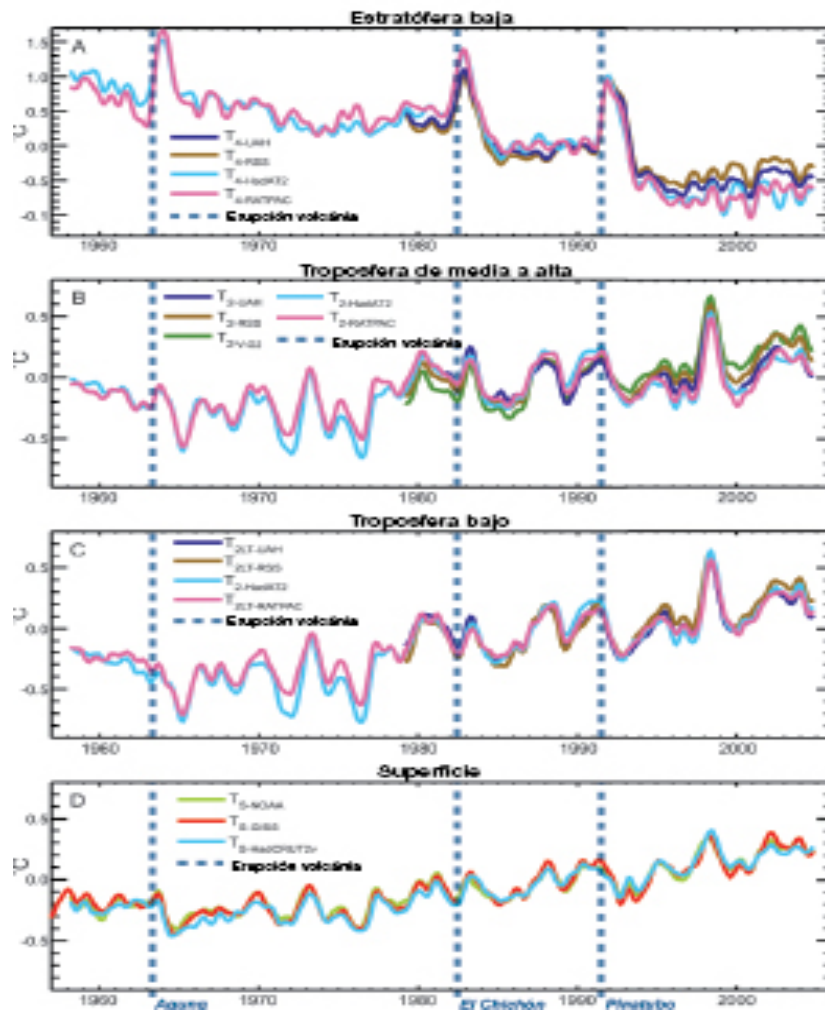


Figura 2. Temperatura del aire observado

En la figura 2 se puede observar: temperaturas superficiales observadas, a) estratosfera inferior b) troposfera media a superior c) temperaturas del aire en la troposfera superior e inferior. Representadas como anomalías medias mensuales para el período de 1979 a 1997, suavizadas con un filtro de la media de siete meses. Indicar el período de la mayor erupción volcánica).

Las estimaciones de la temperatura estratosférica a partir de sondeos de microondas ajustados, satélites y reanálisis son consistentemente cualitativas con un enfriamiento de entre $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década desde 1979. Registros de sonar de radio más completos (desde 1958) también señalan un enfriamiento estratosférico, pero están asociados con considerables incertidumbres. La tasa de enfriamiento aumentó después de 1979 pero disminuyó en la última década. (IPCC 2007)

Once de los últimos 12 años (1995-2006) han estado entre los más cálidos desde que comenzaron los registros de temperatura de la superficie terrestre (1850). En los últimos 100 años (1906-2005), la temperatura superficial global experimentó 0,74°C, superior a los 0,6°C de la estratosfera y el océano (al menos a 3.000 m de profundidad) calculados por TIE entre 1901-2000 porque aumentó la atmósfera la proporción de vapor de agua. Las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida también aportaron para el aumento del nivel del mar, que estimamos que ha aumentado en 17 cm combinados durante el siglo XX.

2.8.1. Norma y Anomalía Climática

En climatología, los valores medios se utilizan para identificar y comparar climas. El clima utiliza términos anormales para describir la desviación climática de las opiniones estadísticas; La diferencia entre el valor de los factores climáticos está programada durante un cierto período de tiempo, por ejemplo, en un mes, con respecto a la fecha promedio o el valor estándar del cambio climático correspondiente, al final del período, al final de la sitio (Ministerio del ambiente de Colombia, 2008).

El término de fluctuación climática nos lleva necesariamente a dos conceptos: La variabilidad está muy relacionado con el clima atmosférico, que no solo es muy dinámico, sino que también evoluciona, pero siempre por un período de tiempo predeterminado y esto es normal; Por otro lado, el concepto de varianza se refiere a la variabilidad de los elementos del clima a tal punto que registran discrepancias significativas en sus valores medios durante un período de 30 años o más (OMM, 1992).

2.8.2. Cambio climático

Hace cien años, se realizaron verificaciones casi universales de otras variables meteorológicas en la superficie, como la precipitación y el viento. Las observaciones atmosféricas solo se han realizado sistemáticamente desde finales de los años 1940. Las mediciones de las temperaturas subsuperficiales del océano, con una cobertura casi global, están disponibles desde fines de la década de 1940. Desde finales de la década de 1970, se han utilizado otras informaciones de satélites de observación de la Tierra. (Vargas 2005).

Hoy en día, el cambio climático global es un hecho innegable, ya que aumentó las temperaturas oceánicas y atmosféricas, porque la nieve y el hielo se derriten y esto provoca que el nivel del mar aumente en la superficie que comenzó a registrarse en 1900, 11 de los años más cálidos ocurrieron en los últimos 12 años, donde lo relevante es que la temperatura global ha

aumentado $0,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ en los últimos cien años y durante el siglo XX el mar aumentó 15 cm por que la nieve y hielo cada vez se están derritiendo más. (Gonzales, 2010).

2.8.3. Cambios observados en la temperatura

La temperatura superficial media mundial aumentó $0,6 \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ desde finales del siglo XIX. La década de 1990 fue probablemente la década más cálida y 1998 el año más cálido según los registros instrumentales desde 1861 (IPCC 1998)

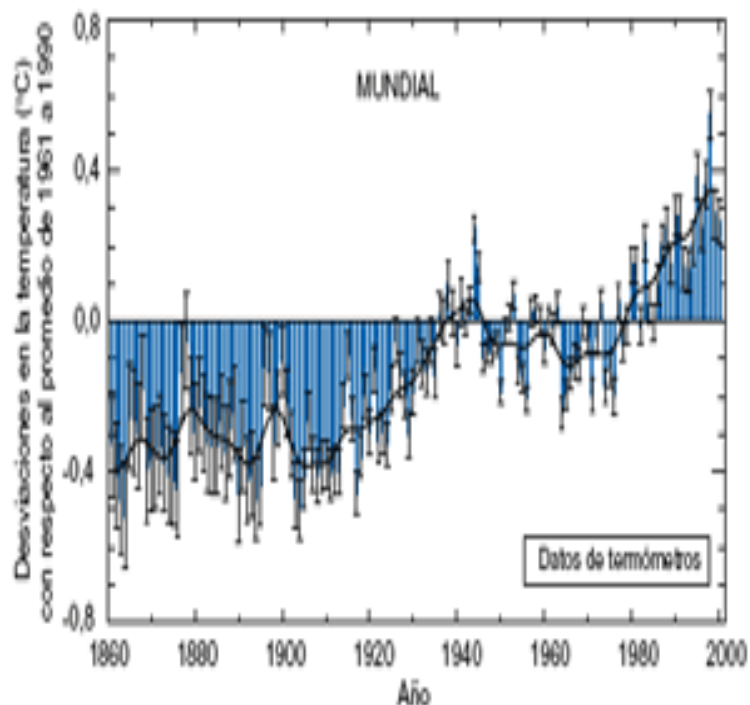


Figura 3. Anomalías en la temperatura anual combinada del aire.

La figura 3 muestra las irregularidades en la temperatura combinada anual del aire en la superficie terrestre y marina ($^{\circ}\text{C}$) para el período 1861-2000 en comparación con el período 1961-1990. Dos incertidumbres debidas a errores tabulares como barras a lo largo del año.

Principalmente el motivo del aumento estimado de $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el calentamiento global desde el Segundo Informe de Evaluación (SIE) del IPCC está relacionada con el récord de calor de los seis años adicionales de información (1995 a 2000) Los mejores métodos para estimar los cambios. El rango de incertidumbre más alto ($\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, intervalo de confianza del 95 %) también tiene razones más objetivas. La Figura 3 muestra que el aumento de la temperatura global ha sido mayor en parte desde fines del siglo XIX en dos períodos diferentes: 1910 a 1945 y desde 1976 la tasa de aumento de la temperatura para ambos períodos es de aproximadamente $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{década}$. El calentamiento reciente fue más fuerte en la tierra que en el océano; El aumento de la temperatura del mar entre 1950 y 1993 representa aproximadamente la mitad de

la temperatura media del aire experimentada en la Tierra. Las temperaturas globales extraordinariamente altas de 1997 a 1998 son muy fenomenales, incluso teniendo en cuenta la tasa reciente de calentamiento (IPCC 1998).

La figura 4 muestra el patrón de calentamiento regional ocurrido a lo largo del último siglo del siglo XX, junto con los componentes temporales de los tres períodos. El período de calentamiento más reciente (1976 a 1999) fue casi global, pero mayormente el aumento de temperatura ocurrieron en las latitudes altas y medias de los continentes del hemisferio norte. El enfriamiento durante todo el año fue evidente en el noroeste del Atlántico Norte y el centro del Pacífico Norte, pero la tendencia de enfriamiento del Atlántico Norte se revirtió recientemente.

El estudio afirma: "Los patrones recientes de cambio de temperatura regional están parcialmente asociados con diferentes fases de oscilaciones oceánicas y atmosféricas, influenciadas por cambios regionales en el sistema climático, y pueden diferir sustancialmente del promedio global" (IPCC 1998).

Se está intentado desarrollar múltiples modelos de simulación de la evolución del clima, pero ninguno parece encontrar respuestas definitivas, lo mejor sería disminuir nuestro nivel de contaminación, y moderar la dinámica que actualmente tenemos en referencia al cambio climático. Tengamos en cuenta que la duplicación del CO₂ en la atmósfera provocará un calentamiento de entre 1,5 °C y 4,5 °C, siendo predecible que en el 2100 el calentamiento se sitúe entre 1°C y 3,5 °C (Gonzales, 2010).

2.8.4. Las temperaturas sobre la capa de superficie en registros desde satélites y globos meteorológicos.

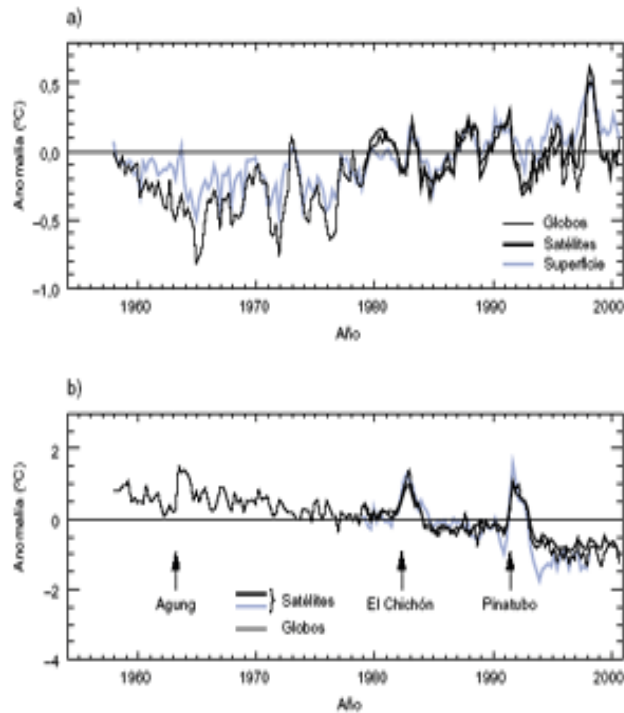


Figura 4. Temperatura sobre la capa de la superficie

En la figura 4 se muestran: a) Serie temporal de anomalías estacionales en la temperatura troposférica basada en el globo y el satélite y la temperatura de la superficie. b) Series temporales de anomalías estacionales de temperatura en la estratósfera inferior basadas en globos y satélites.

Las lecturas de temperatura de la superficie, así como de globos y satélites, sugieren que la tropósfera y la superficie se han calentado y la estratósfera se ha enfriado. Para el período de tiempo más corto de datos de satélites y globos meteorológicos (desde 1979), los registros de satélites y globos demuestran una reducción significativa en la atmósfera inferior en comparación con el análisis de las tendencias de temperatura de la superficie observadas desde 1958. El calentamiento a 8 km y la superficie, que se muestra en la Figura 5, es consistente con aproximadamente $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de calentamiento por década desde que comenzaron los registros satelitales en 1979. La información de temperatura de satélites y globos meteorológicos demuestran una tasa de calentamiento global de alrededor de $0,05 \pm 0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década en la tropósfera baja y media. La diferencia en la velocidad de calentamiento fue estadísticamente significativa. Por el contrario, durante el período 1958-1978, las tendencias de la temperatura

superficial fueron cercanas a cero, mientras que las tendencias en los 8 km inferiores de la atmósfera fueron cercanas a $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{década}$.

2.8.5. Las temperaturas en la superficie durante el período preinstrumental, según registros indirectos.

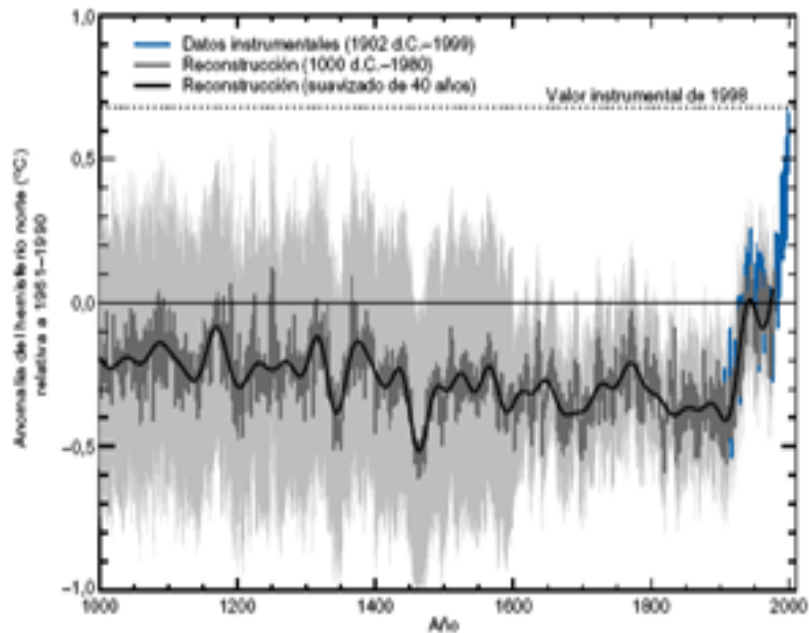


Figura 5. Temperaturas en la superficie durante el periodo preinstrumental

La Figura 5 Se muestran reconstrucciones de temperatura del Hemisferio Norte (NH) del Milenio (anillos de árboles, corales, núcleos de hielo y registros históricos de color gris oscuro) y datos instrumentales (azul) desde el año 1000 hasta el 1999 d.C. Se muestra una versión suavizada de la serie HN (negro) y dos límites de error tabulares (gris claro).

La tasa y la duración del calentamiento en el siglo XX pueden haber sido mayores que en cualquier otro período de los años más cálidos del último milenio, y se ha logrado un progreso significativo en la comprensión de los cambios de temperatura durante el último milenio, especialmente en la síntesis de reconstrucciones de temperatura individuales. Se muestra este nuevo registro detallado de temperatura del hemisferio norte en la Figura 5.

Sin embargo, las informaciones muestran un período relativamente cálido asociado con los siglos XI al XIV y un período relativamente frío asociado con los siglos XV al XIX en el

hemisferio norte. No hay evidencia de que este "medieval cálido" y este "pequeña edad de hielo" eran globalmente sincrónicos. Como muestra la Figura 6, la tasa y durabilidad del calentamiento en el hemisferio norte del siglo XX parece no tuvo precedentes durante el milenio y no puede verse simplemente como una recuperación de la "Pequeña Edad de Hielo" de los siglos XV al XIX.

2.9. Cambio climático en el Perú

Dentro de 10 países del mundo con mayor biodiversidad, Perú es uno de ellos, pero esto lo hace vulnerable, ya que su alta complejidad y riqueza ecológica representan riesgos adicionales, ya que es inherentemente sensible a cambios repentinos, ya que de los ecosistemas se encuentran especies y flora únicos mundialmente; el cambio climático también amenaza el avance en la reducción de la pobreza. Eventos naturales que socavan los caminos del desarrollo humano” (ONU Organización de las Naciones, 2021).

Además de ser uno de los 12 países más megadiversos, el Perú se caracteriza en tener la novena superficie forestal más grande del mundo, protegerla hoy significaría un importante potencial de ingresos en la silvicultura para que los bosques sigan almacenando carbono. El acuerdo que debe emanar de Copenhague dará a naciones como Perú la capacidad de acceder a flujos de capital y tecnología para la sostenibilidad de su desarrollo de manera limpia. Debido a su riqueza potencial como medio para mitigar el cambio climático, se cita a Perú por utilizar este contexto para proponer puntos de acuerdo en la agenda de negociación de Copenhague de 2009; Aprovechar el compromiso de adoptar una matriz energética ambientalmente sostenible y conservar los bosques que secuestran el carbono generado por doscientos años de revolución industrial y una matriz energética global insostenible (ONU 2021).

2.10. Índices climáticos

Díaz (2011) mencionó que los índices climáticos son resultados de fórmulas matemáticas y estadísticas que expresan la relación entre la vegetación y el clima al combinar parámetros climáticos (principalmente temperatura y precipitación) con datos como la altitud o la latitud, estos índices se dividen en: Calor, Índice de Precipitación, Sequía, Continental, Mediterráneo y Bioclima".

2.10.1. Evapotranspiración

(Chavarri 2004), refiriéndose a la unión de la evaporación superficial y la transpiración de la vegetación, los mismos factores que gobiernan la evaporación desde aguas abiertas también gobiernan la evapotranspiración, a saber: el transporte de energía y vapor. La humedad en la superficie evaporativa constituye un tercer factor. Cuando el suelo se seca, la tasa de evaporación disminuye a un nivel más bajo que el que normalmente se mantiene en un suelo húmedo. "

El concepto de evapotranspiración está ampliamente difundido y ha tenido un impacto significativo en el estudio de la geografía climática mundial desde sus inicios; su diferencia con la precipitación (Pp-ETP) se ha utilizado muchas veces como indicador de la humedad o sequía del clima, y ha también influyó en los estudios hidrológicos y condujo a los mayores avances en las técnicas de estimación de la evapotranspiración. Dentro de los métodos de cálculo de la evapotranspiración, se encuentran los siguientes se destaca:

- **Método de Thornthwaite**

Este método muestra resultados más o menos aceptables en zonas húmedas, que da valores demasiado bajos en regiones secas, agravándose aún más en regiones desérticas. El proceso de cálculo es el siguiente:

El índice de calor mensual, i , se calcula a partir de la temperatura media mensual $^{\circ}\text{C}$.

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

El índice de calor anual se calcula, I , sumando los 12 valores de i .

$$I = \sum i$$

El E_{to} mensual sin corregir se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$E_{to} = 16 \left(\frac{10 t}{I} \right)^a$$

$$\text{Donde } a = 675 * 10^{-9} I^3 - 771 * 10^{-7} I^2 + 1792 * 10^{-5} I + 0.49239$$

Corrección para el número de días del mes y número de horas de sol.

$$E_{to} = E_{to} \left(\frac{N}{12} \right) \left(\frac{d}{30} \right)$$

2.10.2. Índice de humedad de Thornthwaite (IH)

Rivas & Martínez (2008) “indican que los valores anuales de la evapotranspiración potencial de Thornthwaite (PE) fueron utilizados en el cálculo del índice de humedad del mismo autor. $IH = 100 (P-PE) / PE$, que representa el porcentaje del exceso o déficit de la precipitación anual (P) relativo a la evapotranspiración anual (PE). Si $P > PE$ el índice es positivo y si $P < PE$ es negativo. A partir de los valores anteriores, Thornthwaite (1955) identificó cinco regiones de humedad, algunas de las cuales son diversas, cuyos valores se muestran en el siguiente cuadro”:

Tabla 2. Regiones de Humedad según Thornthwaite

Tipo climático	IH
A. Hiperhúmedo	> 100
B4. Húmedo (superlativo)	80 a 100
B3. Húmedo (superior)	60 a 80
B2. Húmedo (medio)	40 a 60
B1. Húmedo (inferior)	20 a 40
C2. Subhúmedo-húmedo	0 a 20
C1. Seco-subhúmedo	-33.3 a 0
D. Semiárido	-66.7 a -33.3
E. Árido	-100 a -66.7

Fuente: Thornthwaite (1955)

2.10.3. Índices de continentalidad

Mallada (1991) identifica el Índice Continental como un factor climático que se aplica donde las influencias oceánicas son imperceptibles o apenas perceptibles, y por lo tanto tienen menos precipitaciones y mayores fluctuaciones térmicas.

El índice continental indica cuánto se ve afectado el clima de un lugar por la influencia del continente sobre la masa de aire que se encuentra sobre él.

Debido a este comportamiento térmico, las masas de aire continentales que se encuentra

en verano se calientan significativamente en el fondo, lo que favorece su movimiento de flotación interna y la precipitación convectiva, mientras que en invierno sucede lo contrario: cuando las masas de aire vienen, el aire se escinde. La superficie fría de los continentes, en contacto se enfría en el fondo, favoreciendo las condiciones de asentamiento y contracorriente térmica, dificultando la precipitación. Por tanto, el grado de continentalidad de un clima local determinado viene determinado básicamente por dos parámetros, uno térmico y otro pluviométrico.

- El factor térmico es la amplitud (diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y del mes más frío)
- El factor de precipitación viene dado por la precipitación de verano, en particular la proporción de la precipitación de verano con respecto a la precipitación total anual.

En tanto, cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el mes más frío y el más cálido y mayor sea la gravedad específica de la precipitación de verano en el total anual, mayor será la continentalidad de un clima. Diferentes autores proponen diversos índices para evaluar la continentalidad climática. Entre que podemos señalar:

2.10.3.1. Índice de continentalidad de Gorezynski:

$$IC = 1.7 * (Mi - mi) / \sin (Lat + 10) - 14$$

Donde:

Mi: Temperatura media del mes más cálido mi:

Temperatura media del mes más frío Lat: Latitud

Tabla 3. Índice de continentalidad de Gorezynski.

IC	Clima
(-20, 20)	Hiperoceanicos
(20, 40)	Oceánicos
(40, 60)	Subcontinentales
(60, 80)	Continentales
(80, 120)	Hipercontinentales

Fuente: Mallada (1991)

2.10.3.2. Índice de continentalidad de Currey:

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

Donde:

Mi: Temperatura media del mes más cálido

mi: Temperatura media del mes más frío

Lat: Latitud

Tabla 4. Índice de continentalidad de Currey

IC	Clima
(0, 0.6)	Hiperoceánicos
(0.6, 1.1)	Oceánicos
(1.1, 1.7)	Subcontinentales
(1.7, 2.3)	Continental
(2.3, 5)	Hipercontinentales

Fuente: Mallada (1991)

2.10.3.3. Índice de oceanidad de Kerner:

$$K = [(T_{oct} - T_{abr}) / A] \times 100$$

Dónde:

K : Índice de oceanidad, si $k > 30$ el clima es oceánico

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).

2.10.4. Índices de aridez

Almorox (2009) señala que el índice de sequía es un valor utilizado para medir la escasez o humedad en el aire y el suelo. El índice de sequía tiene en cuenta la precipitación anual (como fuente de agua) y la temperatura (como fuente de agua) como base Datos climáticos Evaporación indicadores de capacidad).

Dentro de los métodos para hallar el índice de aridez podemos destacar:

2.10.4.1. Índice de aridez de Lang

Está definido por medio de la expresión:

$$Pf = P/tm$$

P: precipitación media anual en mm. tm :

temperatura media anual en °C

Tabla 5. Índice de aridez según Lang

Valor de Pf	Zona
0 – 20	Desiertos
20 – 40	Árida
40 – 60	Húmedas de estepa y sabana
60 - 100	Húmedas de bosques claros
100 - 160	Húmedas de grandes bosques
> 160	Per húmedas con prados y tundras

Fuente: Almorox (2009)

2.10.4.2. Índice de aridez de de Martonne:

Parecido al anterior índice, es más apropiado para climas fríos agregando una constante al denominador, evitando así valores negativos. El valor agregado a la temperatura del denominador es 10, valor que se cambia a 7 pulgadas de la demarcación de humedad propuesta por Köppen y zonas secas.

Representado por la formulación:

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

P : precipitación media anual en mm.

tm :temperatura media anual en °C

Tabla 6. Índice de aridez según Martonne

Valor de Ia	Zona
0 – 5	Desiertos (Hiperárido)
5 – 10	Semidesierto (árido)
10 – 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmeda
30 – 60	Húmeda
> 60	Per húmeda

Fuente: Almorox (2009)

(Martonne) “Menciona que el índice también se puede emplear mensualmente. La fórmula es parecida a la anterior, pero con los valores medios mensuales y multiplicados por 12”:

$$I_{ai} = 12 \cdot P_i / [t_{m_i} + 10]$$

P_i : precipitación media mensual en mm

t_{m_i} : temperatura media mensual en °C

“De acuerdo a los autores, los meses vegetativamente activos son aquellos con una temperatura media superior a 3°C (inferior al valor de 6°C establecido por otros autores) y un índice de sequía mensual superior a 20”.

2.10.5. Índice de termicidad de Rivas – Martínez

Millarium (2004) establece que el índice térmico (I_t) propuesto por Rivas Martínez es la suma de T (temperatura media anual) y m (temperatura media más baja del mes más frío). M (la temperatura media más alta del mes más frío)”se expresa como:

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

La calidad del índice se basa en que el valor mínimo del mes más frío (m) y su subsanación en relación a su duración a lo largo del día es la media del valor máximo, incluso el más frío del año (M), actúa como factor limitante de la vegetación en la propagación de las plantas y sus fitocenosis sobre la Tierra.

Tabla 7. Tipos de Termicidad

Tipos de Termicidad	Subtipos	Tp, It, Itc	T
Cálido T 15° - 30°	Tórrido	> 710	> 24°
	Cálido	490 - 710	19° - 24°
	Sub cálido	320 - 490	15° - 19°
Templado T 6° - 15°	Templado	120 - 320	11° - 15°
	Subtemplado	800 - 1300	< 11°
Frío T < 6°	Frio	380 - 800	< 6°
	Hiperfrio	130 - 380	< 3°
	Ultrafrio	0 - 130	< 0°
Gélido T ≤ 0°	Gélido	0	Ti ≤ 0°
	. Hipergélido	0	M ≤ 0°
	. Ultragélido	0	M ≤ 0°

Fuente: Rivas – Martínez (2008).

2.10.6. Índice de Fournier modificado

Ramírez (2010) indica que, “El índice de Fournier modificado de ARNOLDUS (1978) subsana probables diferencias en el índice de Fournier al considerar la precipitación para todos los meses en un período dado, no solo los meses con mayor precipitación sino también los meses restantes. El mismo autor se refiere al trabajo de Fournier, es un método práctico, que utilizando una fórmula de regresión lineal donde el valor conocido de R se relaciona con la precipitación promedio anual”.

$$R = \sum_{i=1}^{i=12} p_i^2 / P$$

Donde:

i = número del mes

p = precipitación mensual en mm.

P = precipitación promedio anual en mm.

“Ramírez (2010) menciona que el índice es utilizado por la FAO en su mapeo global de la degradación de la tierra, y su principal ventaja es el uso de datos meteorológicos simples y buena correlación con mediciones conocidas del factor R, utilizando el índice I30. La ecuación ha sido probada en diferentes partes del mundo y en general se logra una alta

correlación (0.89)".

"Arnoldus (1980) y Hoyos et al. (2005) Citados por Ramírez et al (2007) encontraron que el Índice de Fourier Modificado (IFM) se considera una buena estimación de la fuerza erosiva de la precipitación para simular procesos de erosión en los trópicos"

Tabla 8. Clasificación del Índice de Fournier

Clase	Rango	Calificación
1	Menor de 60	Muy bajo
2	60 a 90	Bajo
3	90 a 120	Moderado
4	120 a 160	Alto
5	Mayor de 160	Muy Alto

Fuente: Ramírez et al. (2007).

2.11. Diagrama Ombrotérmico

Almorox (2008) afirma: "El método de clasificación bioclimática ideado por Gaussen constituye que la disposición de temperatura y precipitación a lo largo del año es más importante que su media anual. La distribución se basa en el ritmo de temperatura y precipitación a lo largo del año, períodos favorables o desfavorables, por ejemplo: períodos húmedos, secos, cálidos, fríos. Gauss considera que la temperatura promedio de los meses ecológicamente secos, expresada en grados centígrados, cuando la precipitación mensual total (en milímetros) es igual o inferior al doble de la media mensual, expresada en Celsius, es decir, $P \leq 2T$ ".

En abscisas: los meses del año En ordenadas: a la derecha la escala de precipitaciones en milímetros, a la izquierda la temperatura en grados Celsius, en doble escala de precipitaciones ($10^{\circ}\text{C} = 20 \text{ mm}$). La curva de precipitación se representa con línea continua y la temperatura con línea discontinua Representa las temperaturas y precipitaciones medias mensuales, de manera que la curva o las barras rectangulares que representan la precipitación se superponen a la curva de temperatura Según el método de Gauss, la escala de los valores de precipitación duplica la escala de valores de temperatura. Si los valores de precipitación están por encima de los valores de temperatura se consideran meses lluviosos y si están por debajo se consideran meses secos.

2.11.1. Ejemplos de diagramas ombrotérmico

a) Climas oceánicos

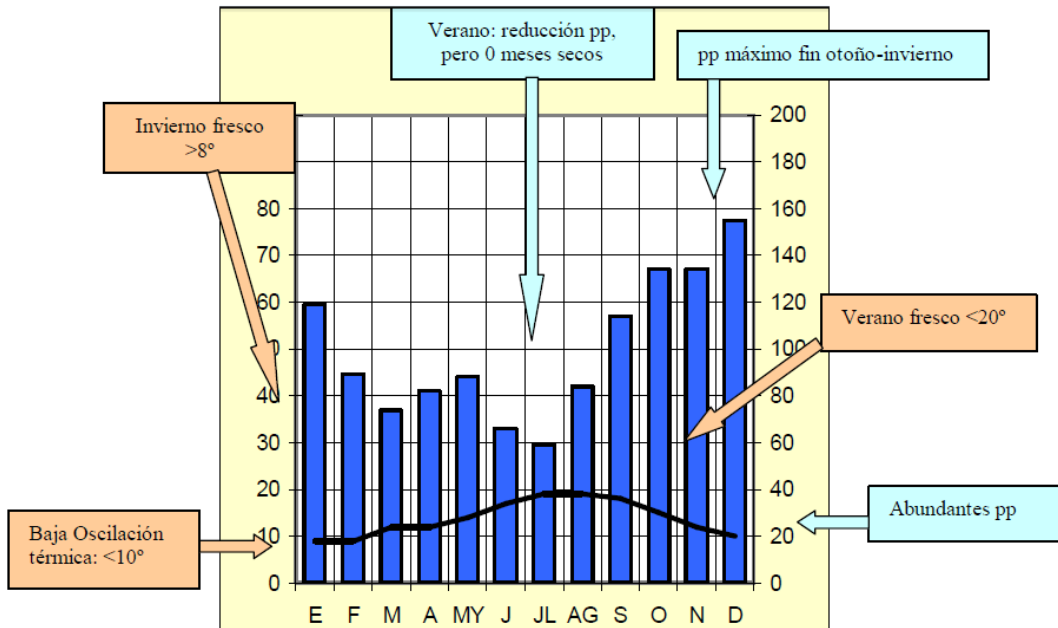


Figura 6. Ejemplo de diagrama ombrotérmico en climas oceánicos

b) Climas mediterráneos

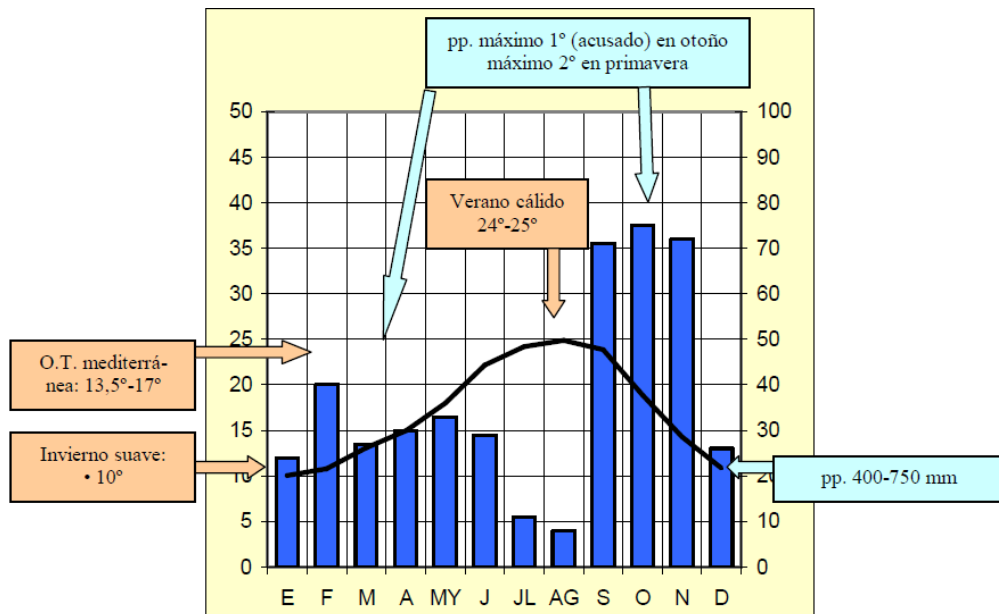


Figura 7. Ejemplo de diagrama ombrotérmico para climas mediterráneo

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación

El trabajo se realizó con información generada en la Estación MAP El Porvenir ubicada políticamente, región San Martín, provincia San Martín y distrito de Juan Guerra.

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente está ubicada en la parte centro oriente del país y tiene la siguientes coordenadas geográficas $06^{\circ}35'' 00''$ de Latitud Sur y $76^{\circ} 19'' 00''$ de Longitud Oeste, y una altitud de 230 msnm.

3.1.3. Mapa de ubicación



Figura 8. Mapa de Ubicación de Tarapoto

3.1.4. Características climáticas

Para la actividad agrícola, se presenta un clima húmedo y cálido todo el año, con una precipitación pluvial de 1450 mm anuales, con un período máximo de precipitación entre octubre y marzo y un mínimo entre junio y agosto; los demás meses presentan precipitaciones medias. La temperatura media anual de $26,3^{\circ}\text{C}$, con ligeros descensos en los meses de junio, julio y agosto con una variación media de 3°C con respecto a la media anual.

3.1.5. Fisiografía

De tal forma Tarapoto está conformada por subpaisajes y unidades fisiográficas tales como: Terrazas altas y media, colinas altas y bajas, montañas altas y bajas.

3.1.6. Ecología

Según la división de la zona de vida del mundo o forma vegetal y el mapa bioclimático de Holdrige (1987), se ubica en la ecorregión: bosque muy húmedo-premontano tropical (bmh-PT), correspondiendo así a la región Rupa de Rupa o la selva alta del Perú.

3.1.7. Hidrología

El principal curso de agua lo conforma el río Huallaga.

3.1.8. Accesibilidad

La accesibilidad, es vía terrestre por una carretera asfaltada Tingo María - Tocache, Tarapoto de 8 a 10 horas de viaje, se accede con diferentes tipos de transporte, y las vías de acceso para llegar a los centros poblados es por una carretera afirmada y aérea desde Lima a Tarapoto.

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de escritorio

Hojas bond A4, registros meteorológicos de la estación meteorológica El Porvenir de los años 1999 a 2020, lapiceros, plumones indelebles.

3.2.2. Materiales de computo

- Computadora e impresora.
- Calculadora.

3.3. Metodología

El enfoque metodológico del presente trabajo tiene un carácter “descriptivo y analítico” por la naturaleza del tema, es decir, busca describir primero los parámetros meteorológicos, aplicación de las fórmulas para determinar cada índice climático.

3.3.1. Índices climáticos de los años 1999 – 2020

Los índices climáticos se determinaron, tomando en consideración las metodologías propuestas en la tabla 2 al 8.

Tabla 9. Índices climáticos y metodologías empleadas

índice	Metodología
Evapotranspiración	Método de Thornthwaite
Índice de humedad	Método de Thornthwaite
Índice de continentalidad	Método de Gorezynski
	Método de Currey
Índice de aridez	Método de Lang
	Método de Martonne
Índice de termicidad	Método de Rivas - Martínez
Índice de erosión potencial	Método de Fournier
Diagrama Ombrotérmico	Método de Gaussen

Se usaron datos termos pluviométricos del período 1999 al 2020 para definir la alteración de la evapotranspiración según el método de Thornthwaite.

Se utilizaron los valores de precipitación total anual y evapotranspiración anual para determinar el índice de humedad de Thornthwaite.

Índice continental definido según el método de Gorezynski, método de Currey y método de Kerner; índice de sequía según el método de Lang y De Martonne; índice térmico de Rivas Martínez; índice de erosión potencial de Fournier para clasificar el clima de Tarapoto según el método de Thornthwaite, utilizando valores de evaporación y precipitación .

Los diagramas ombrotérmicos, se usaron los datos termo –pluviométricos del periodo 1999 al 2020.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Comportamiento de las variables meteorológicas, temperatura, precipitación y humedad relativa.

4.1.1. Comportamientos de la temperatura máxima

En la figura 9, se observa que la temperatura máxima promedio mensual en grados centígrados, trazada la serie se puede determinar que no presenta una tendencia (la serie es estacionaria en media y varianza).

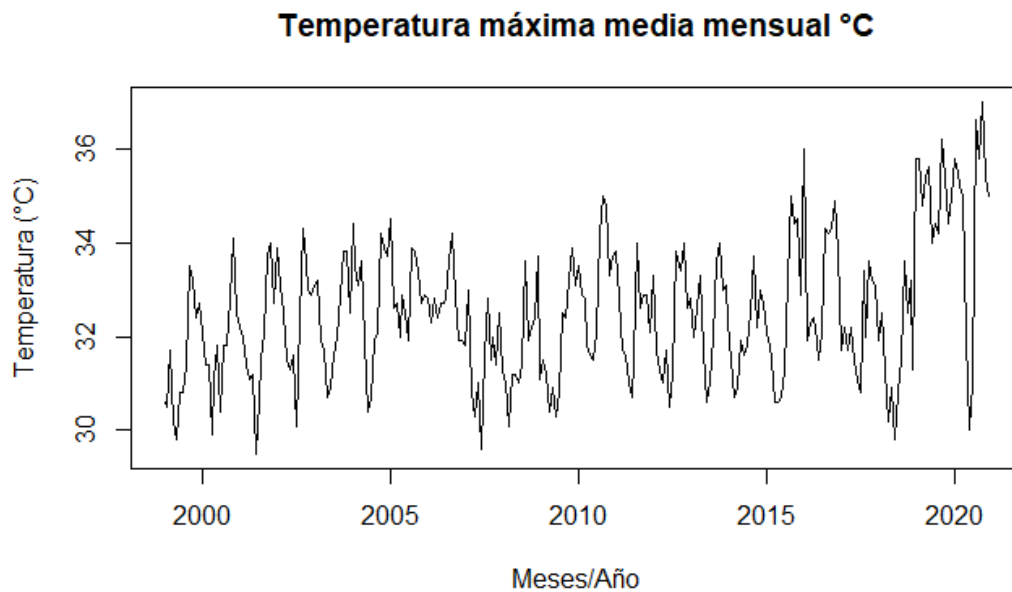


Figura 9. Tendencia de la temperatura en °C, máxima promedio mensual.

4.1.1.1. Las tendencias, según el método de Prueba de Dickey-Fuller (DF):

a) Planteamiento de hipótesis: (Test de estacionariedad)

$H_0: \delta = 0$ La Serie es no estacionaria: Tiene una raiz unitaria

$H_1: \delta \neq 0$ La Serie es estacionaria: no tiene raiz unitaria

b) Estadísticos para la prueba

Dickey-Fuller = -5.512, Lag order = 6, *p-value* = 0.01

c) Regla de decision:

Como el *p-value* = 0.01 < 0.05, señala que se impugna la hipótesis nula H_0 , indicando que la serie es estacionaria a un nivel significativo del 5%.

4.1.2. Comportamientos de la temperatura mínima

En la figura 10, se puede observar que la temperatura mínima promedio mensual en °C, trazada la serie se puede determinar que no presenta una tendencia (la serie es estacionaria en media y varianza).

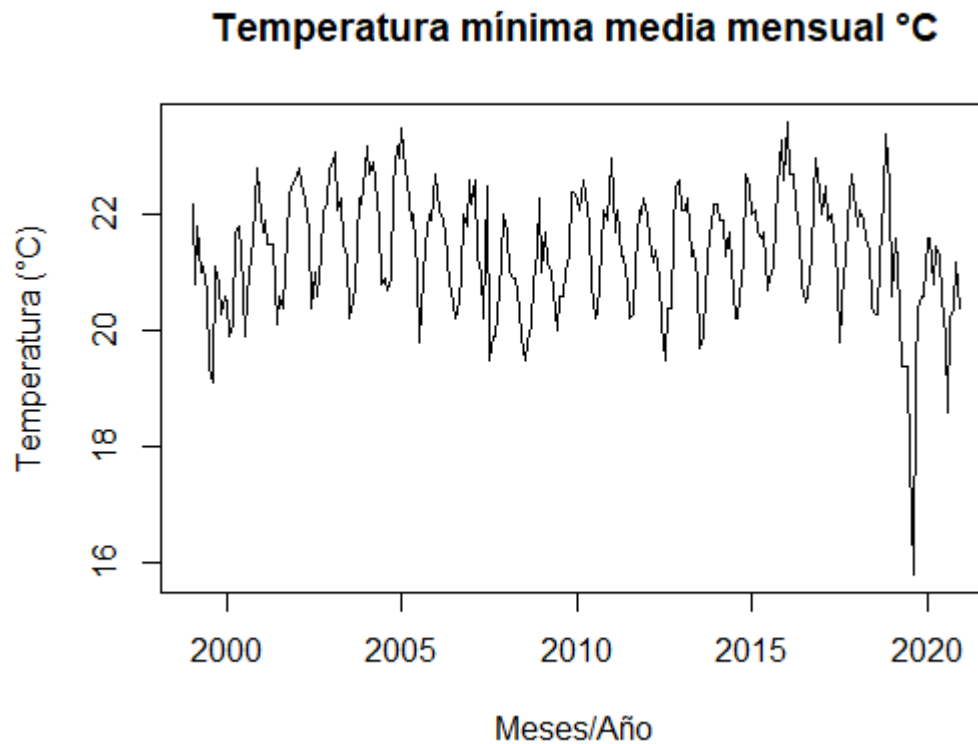


Figura 10. Tendencia de la temperatura en °C, mínima promedio mensual.

4.1.2.1. Las tendencias, según el método de Prueba de Dickey-Fuller (DF):

a) Planteamiento de hipótesis: (Test de estacionariedad)

$H_0: \delta = 0$ La Serie es no estacionaria: Tiene una raíz unitaria

$H_1: \delta \neq 0$ La Serie es estacionaria: no tiene raíz unitaria

b) Estadísticos para la prueba

Dickey-Fuller = -5.9741, Lag order = 6, p-value = 0.01

c) Regla de decisión:

Como el **p-value = 0.01 < 0.05**, señala que se impugna la hipótesis nula H_0 , indicando que la serie es estacionaria a un nivel de significancia del 5%.

4.1.3. Comportamientos de la temperatura media mensual

Se observa en la figura 11, que la temperatura media mensual en °C, trazada la serie se puede determinar que no presenta una tendencia (la serie es estacionaria en media y varianza).

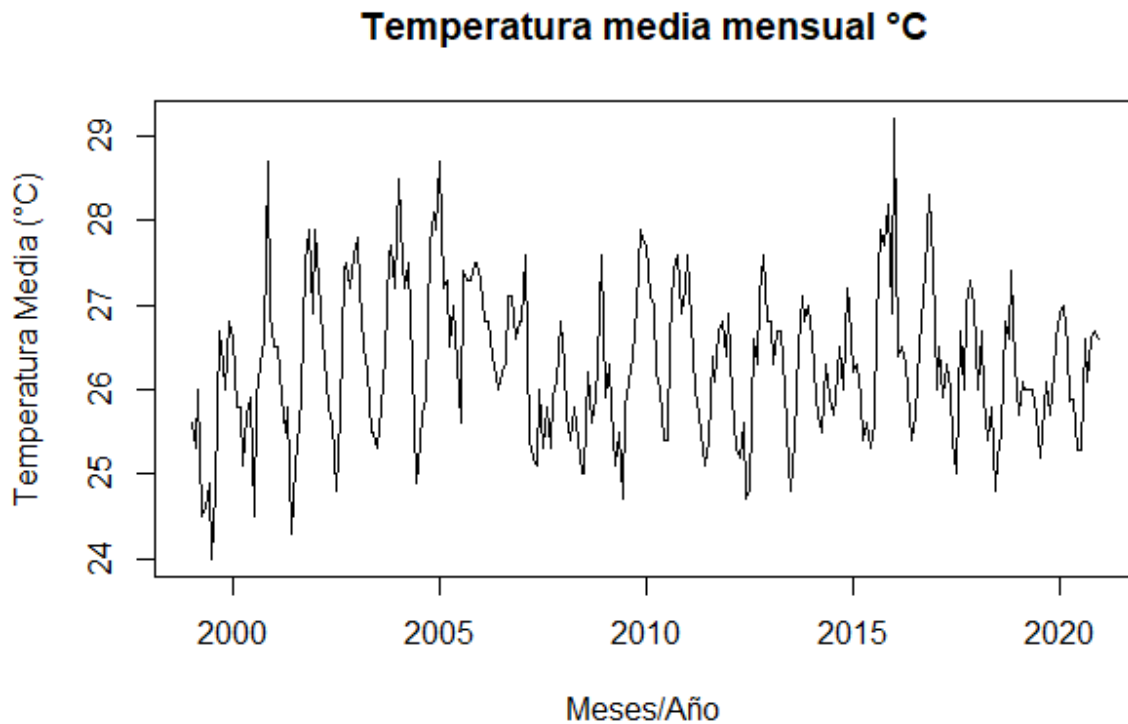


Figura 11. Tendencia de la temperatura media en °C mensual.

4.1.3.1. Las tendencias, según el método de Prueba de Dickey-Fuller (DF):

a) Planteamiento de hipótesis: (Test de estacionariedad)

$H_0 : \delta = 0$ La Serie es no estacionaria :Tiene una raiz unitaria

$H_1 : \delta \neq 0$ La Serie es estacionaria: no tiene raiz unitaria

b) Estadísticos para la prueba

Dickey-Fuller = -7.4366, Lag order = 6, p-value = 0.01

c) Regla de decisión:

Como el **p-value = 0.01 < 0.05**, señala que se impugna la hipótesis nula H_0 , indicando que la serie es estacionaria a un nivel de significancia del 5%.

4.1.4. Comportamientos de la humedad relativa

En la figura 12, apreciamos el comportamiento de la humedad relativa en porcentaje, trazada la serie determinamos que presenta una tendencia, es estacionaria y se rechaza la hipótesis nula.

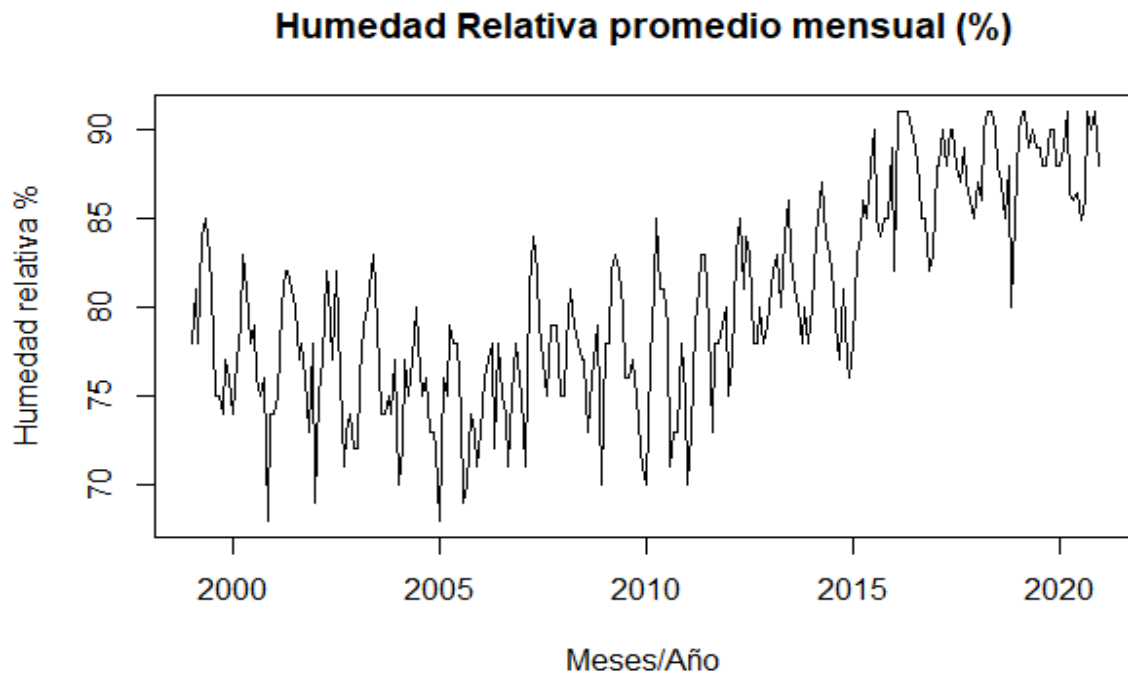


Figura 12. Humedad relativa promedio mensual en porcentaje (%).

4.1.4.1. Las tendencias, según el método de Prueba de Dickey-Fuller (DF):

a) Planteamiento de hipótesis: (Test de estacionariedad)

$H_0 : \delta = 0$ La Serie es no estacionaria :Tiene una raíz unitaria

$H_1 : \delta \neq 0$ La Serie es estacionaria: no tiene raíz unitaria

b) Estadísticos para la prueba

Dickey-Fuller = -4.8555, Lag order = 6, *p-value* = 0.01

c) Regla de decisión:

Como el **p-value = 0.01 < 0.05**, señala que se impugna la hipótesis nula H_0 , indicando que la serie es estacionaria a un nivel de significancia del 5%.

4.1.5. Comportamientos de la precipitación anual

En la figura 13, observamos el comportamiento de la precipitación anual en milímetros, trazada la serie se puede determinar que no presenta una tendencia (la serie es estacionaria en media y varianza).

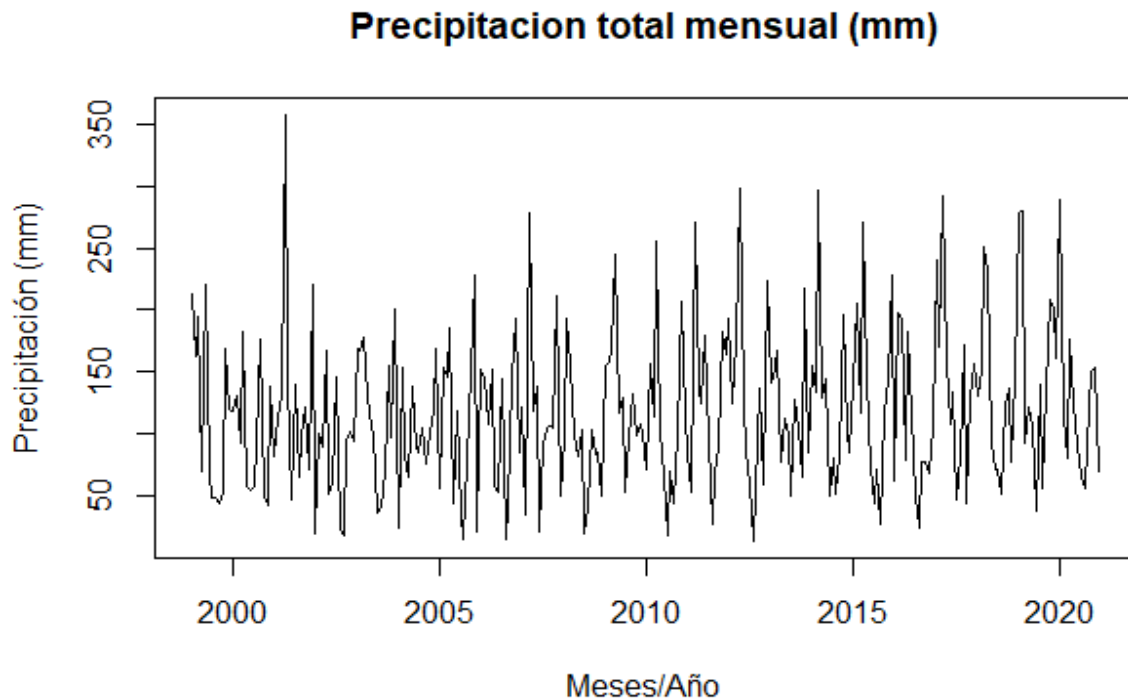


Figura 13. Precipitación total mensual (mm).

4.1.5.1. Las tendencias, según el método de Prueba de Dickey-Fuller (DF):

a) Planteamiento de hipótesis: (Test de estacionariedad)

$H_0 : \delta = 0$ La Serie es no estacionaria :Tiene una raíz unitaria

$H_1 : \delta \neq 0$ La Serie es estacionaria: no tiene raíz unitaria

b) Estadísticos para la prueba

Dickey-Fuller = -9.9417, Lag order = 6, p-value = 0.01

c) Regla de decisión:

Como el **p-value = 0.01 < 0.05**, señala que se impugna la hipótesis nula H_0 , indicando que la serie es estacionaria a un nivel de significancia del 5%.

“Con esta normalidad mensual se analiza un ciclo climático estacional, lo que indica que a las temperaturas más altas los periodos más cálidos son el otoño y el final del invierno (Tab. 17), y a las temperaturas más bajas los periodos más fríos son el final del otoño y principios del invierno (Tab. 18), mismo, en concordancia con PEÑAHERRERA (2004) y BATTAN (1976)”; como las épocas más lluviosas se dan en verano y principios de otoño, siendo las menos lluviosas finales de otoño e invierno (Tab. 21), en concordancia con García (1994); para la Humedad relativa, la estación más lluviosa es el otoño, y la estación más lluviosa es el final del invierno y la primavera (Tab. 20). Según SEOÁNEZ (2002) y GARCIA (1994), señalan que existe una variación estacional en relativo debido a la temperatura y también puede variar debido a las condiciones climáticas Fluctuaciones locales en la humedad.

A partir de este valor normal para comparar los promedios mensuales de cada año, la diferencia entre ellos es: valores atípicos, es decir, al obtener valores por encima y por debajo del valor normal mensual, se sabrá qué meses y años son cálidos y fríos, en el caso de temperatura, entre las temperaturas máximas y mínimas (Figs. 9 a 11), en precipitación se denominan meses lluviosos y secos (Fig. 13), y en humedad relativa como meses húmedos y secos (Fig. 12), los correspondientes (VALDIVIA, 1977); sin embargo, se encuentran anomalías fuera del ciclo climático estacional, con picos que van desde los 15,8°C (agosto de 1919) hasta los 37,0°C (octubre de 2020) .

4.2. Índices climáticos

4.2.1. Variación de la evapotranspiración de los años 1999 – 2020.

De la Tabla 10 se puede observar que la mayor evapotranspiración, del periodo de 1999 al 2020, se da en el 2016 en enero, también en este año se encontró que la evapotranspiración anual fue mayor en comparación a los otros años con un valor de 1711 .05mm.

La evapotranspiración media mensual del período 1999 al 2020 fue mayor en el mes de diciembre, seguido de los meses de enero y noviembre, con valores de 153,78, 153,05 y 152,32, respectivamente.

4.2.2. Índice de humedad de Thornthwaite

En la tabla 11, según el índice de humedad de Thornthwaite en la mayoría de los años del periodo en estudio se considera como clima Seco-Subhúmedo (Tipo C1) con excepción de los años 2 001, 2 012 y 2 017 donde se considera como Sub húmedo-húmedo (Tipo

C2), así como en el año 2 002 Semiarido (Tipo D) ya que se definieron valores desde -30.3 a 20.71 (ubicándose en el rango de clasificación de menores a 100).

4.2.3. Índice de continentalidad

En la tabla 12, según el índice de continentalidad de Gorezynski muestra un clima de influencia hiperoceánico ya que los valores se ubican en el rango de clasificación de -20 a 20; según Currey entre oceánico a hiperoceánico porque los valores se encuentran entre 0,6 a 1,1 con excepción de los años 2 000, 2 001, 2 004 y 2 016 considerados como subcontinentales, con rangos entre 1,1 a 1,7

Tabla 10. Variación de la evapotranspiración del periodo 1999 al 2020 en Tarapoto

Evapotranspiración en milímetros del año 1999 al 2020													ETP Anual
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1999	127.52	109.52	131.12	102.15	105.64	105.78	96.81	109.35	137.93	137.50	129.66	149.34	1442.29
2000	144.23	115.47	126.06	108.74	120.77	119.36	101.27	125.08	129.89	141.95	182.99	150.63	1566.46
2001	142.35	127.22	127.92	115.22	122.56	94.99	110.61	120.04	123.00	160.04	165.24	150.67	1559.87
2002	171.50	141.23	139.81	123.99	121.08	113.01	103.94	120.18	150.30	159.86	150.37	165.16	1660.46
2003	169.20	139.37	138.00	125.97	116.10	111.59	112.31	122.17	130.83	162.09	161.06	156.40	1645.09
2004	186.15	145.00	151.75	150.78	129.52	100.84	107.80	119.36	120.84	164.19	170.09	172.03	1718.32
2005	191.67	138.59	153.51	130.02	142.77	123.71	115.28	152.39	147.60	154.85	156.23	162.42	1769.05
2006	158.01	131.72	143.80	129.42	130.13	119.78	127.80	131.07	144.19	151.27	138.24	147.82	1653.25
2007	148.44	147.21	119.82	110.99	111.62	121.51	114.37	123.90	113.62	129.49	130.43	148.89	1520.30
2008	139.06	114.63	120.10	120.83	116.68	106.07	109.95	131.01	118.69	129.71	134.17	165.17	1506.07
2009	130.90	123.67	125.95	108.61	117.29	100.46	121.90	128.50	131.60	149.76	165.29	169.62	1573.55
2010	166.89	137.27	147.77	125.58	124.41	109.44	113.44	136.64	150.24	162.02	144.08	156.22	1674.01
2011	164.75	132.37	129.48	118.26	117.26	106.43	115.16	133.90	126.24	143.81	142.89	140.68	1571.22
2012	150.28	117.30	117.75	110.59	119.33	100.91	106.12	137.83	130.06	151.88	158.94	148.74	1549.73
2013	148.01	123.52	142.46	135.70	125.65	106.23	105.39	116.24	133.28	151.71	142.81	152.54	1583.54

2014	144.18	117.03	124.23	115.04	131.19	119.30	120.24	125.02	133.44	130.68	150.78	152.63	1563.78
2015	135.74	123.05	126.89	112.42	118.06	108.61	117.61	140.97	160.86	164.31	172.14	150.17	1630.83
2016	204.29	123.98	137.33	127.06	124.01	108.97	118.16	134.38	137.88	157.48	174.77	162.75	1711.05
2017	132.58	126.99	127.55	128.46	125.67	110.95	108.55	139.42	124.38	149.69	152.75	152.55	1579.55
2018	133.15	130.82	128.14	113.87	122.79	102.51	112.49	118.62	139.16	142.15	154.87	139.13	1537.69
2019	128.13	120.92	130.23	124.05	126.52	116.74	112.92	119.02	126.92	126.11	132.30	145.07	1508.93
2020	150.04	135.92	138.62	120.43	122.18	109.80	111.96	137.52	126.11	141.77	140.88	144.47	1579.71
Promedio mensual	153.05	128.31	133.10	120.83	122.33	109.86	112.00	128.30	133.50	148.29	152.32	153.78	

Tabla 11. Índice de humedad de Thornthwaite periodo 1999 al 2020

Índice de humedad			
Año	IH	Tipo	clima
1999	-1.90	C1	Seco - Subhúmedo
2000	-23.64	C1	Seco - Subhúmedo
2001	2.00	C2	Subhúmedo-húmedo
2002	-41.50	D	Semiárido
2003	-11.71	C1	Seco - Subhúmedo
2004	-29.71	C1	Seco - Subhúmedo
2005	-30.30	C1	Seco - Subhúmedo
2006	-21.86	C1	Seco - Subhúmedo
2007	-9.02	C1	Seco - Subhúmedo
2008	-26.15	C1	Seco - Subhúmedo
2009	-0.71	C1	Seco - Subhúmedo
2010	-21.09	C1	Seco - Subhúmedo
2011	-6.14	C1	Seco - Subhúmedo
2012	2.82	C2	Subhúmedo-húmedo
2013	-11.96	C1	Seco - Subhúmedo
2014	-3.44	C1	Seco - Subhúmedo
2015	-2.95	C1	Seco - Subhúmedo
2016	-27.85	C1	Seco - Subhúmedo
2017	9.74	C2	Subhúmedo-húmedo
2018	-0.10	C1	Seco - Subhúmedo
2019	20.71	C1	Seco - Subhúmedo
2020	-8.53	C1	Seco - Subhúmedo

Tabla 12. Índice de continentalidad periodo 1999 al 2020

Índice de Continentalidad				
Año	Gorezynski	Clima	Currey	Clima
1999	-0.32	Hiperoceánico	0.88	Oceánico
2000	-0.48	Hiperoceánico	1.32	Subcontinental
2001	-0.41	Hiperoceánico	1.13	Subcontinental
2002	-0.36	Hiperoceánico	0.97	oceánico
2003	-0.29	Hiperoceánico	0.78	oceánico
2004	-0.41	Hiperoceánico	1.13	Subcontinental
2005	-0.36	Hiperoceánico	0.97	oceánico
2006	-0.15	Hiperoceánico	0.41	Hiperoceánico
2007	-0.29	Hiperoceánico	0.78	oceánico
2008	-0.30	Hiperoceánico	0.81	oceánico
2009	-0.37	Hiperoceánico	1.00	oceánico
2010	-0.26	Hiperoceánico	0.72	oceánico
2011	-0.29	Hiperoceánico	0.78	oceánico
2012	-0.33	Hiperoceánico	0.91	oceánico
2013	-0.26	Hiperoceánico	0.72	oceánico
2014	-0.20	Hiperoceánico	0.53	Hiperoceánico
2015	-0.33	Hiperoceánico	0.91	oceánico
2016	-0.44	Hiperoceánico	1.19	Subcontinental
2017	-0.26	Hiperoceánico	0.72	oceánico
2018	-0.30	Hiperoceánico	0.81	oceánico
2019	-0.16	Hiperoceánico	0.44	Hiperoceánico
2020	-0.21	Hiperoceánico	0.56	Hiperoceánico

4.2.4. Índice de aridez

En la tabla 13 se aprecia que la zona de Tarapoto en el periodo del 1999 al 2020 según el índice de aridez de Lang lo clasifica como “Húmedas de estepa y sabana”, ya que los valores se encuentran dentro del rango de 40 – 60, mientras que el índice de aridez de Martonne nos afirma que la zona de Tarapoto presenta una zona Húmeda y subhúmeda.

Tabla 13. Índice de aridez de acuerdo a Lang y Martonne periodo 1999 al 2020

Índice de aridez				
Año	Lang	Zona	Martonne	Zona
1999	55.58	Húmeda de estepa y sabana	39.90	Húmeda
2000	45.74	Húmeda de estepa y sabana	33.09	Húmeda
2001	60.92	Húmeda de estepa y sabana	44.05	Húmeda
2002	36.48	Arida	26.52	Subhúmeda
2003	54.69	Húmeda de estepa y sabana	39.73	Húmeda
2004	44.97	Húmeda de estepa y sabana	32.77	Húmeda
2005	45.45	Húmeda de estepa y sabana	33.21	Húmeda
2006	48.49	Húmeda de estepa y sabana	35.26	Húmeda
2007	53.32	Húmeda de estepa y sabana	38.48	Húmeda
2008	43.03	Húmeda de estepa y sabana	31.03	Húmeda
2009	59.65	Húmeda de estepa y sabana	43.17	Húmeda
2010	49.46	Húmeda de estepa y sabana	35.98	Húmeda
2011	56.27	Húmeda de estepa y sabana	40.73	Húmeda
2012	61.13	Húmeda de bosques claros	44.18	Húmeda
2013	53.08	Húmeda de estepa y sabana	38.44	Húmeda
2014	57.67	Húmeda de estepa y sabana	41.73	Húmeda
2015	59.77	Húmeda de estepa y sabana	43.38	Húmeda
2016	46.01	Húmeda de estepa y sabana	33.52	Húmeda
2017	66.01	Húmeda de bosques claros	47.81	Húmeda
2018	59.01	Húmeda de estepa y sabana	42.63	Húmeda
2019	70.32	Húmeda de bosques claros	50.74	Húmeda
2020	55.01	Húmeda de estepa y sabana	39.84	Húmeda

4.2.5. Índice de Termicidad

En la tabla 14 se observa que según el índice de termicidad de Rivas-Martinez, Tarapoto tiene el tipo de termicidad “Cálido” con subtipo “Tórrido”, ya que los valores determinados son >710 con temperaturas > 24°.

Tabla 14. Índice de termicidad periodo 1999 al 2020.

Índice de termicidad		
Año	It	Subtipo
1999	743.58	Tórrido
2000	759.50	Tórrido
2001	757.17	Tórrido
2002	771.25	Tórrido
2003	774.58	Tórrido
2004	779.58	Tórrido
2005	788.33	Tórrido
2006	787.42	Tórrido
2007	750.42	Tórrido
2008	754.50	Tórrido
2009	764.92	Tórrido
2010	784.08	Tórrido
2011	771.08	Tórrido
2012	760.67	Tórrido
2013	765.67	Tórrido
2014	770.83	Tórrido
2015	777.83	Tórrido
2016	788.33	Tórrido
2017	768.58	Tórrido
2018	761.33	Tórrido
2019	757.00	Tórrido
2020	798.65	Tórrido

4.2.6. Índice de Fournier modificado

En la tabla 15 se observa el índice de Fournier modificado, para Tarapoto y en su mayoría presenta un índice de erosividad “alto”, “muy alto” por encontrarse dentro la clase 4 y 5 con un rango de 120 – 160 y >160 respectivamente.

Tabla 15. Índice de Fornier periodo 1999 al 2020

Erosión potencial			
Año	R	Clase	Calificación
1999	155.98	4	Alto
2000	122.15	4	Alto
2001	181.75	5	Muy alto
2002	106.88	3	Moderado
2003	143.47	4	Alto
2004	115.28	4	Alto
2005	146.86	4	Alto
2006	134.02	4	Alto
2007	156.54	4	Alto
2008	114.76	4	Alto
2009	146.47	4	Alto
2010	148.47	4	Alto
2011	157.48	4	Alto
2012	176.48	5	Muy alto
2013	133.67	4	Alto
2014	160.73	4	Alto
2015	170.34	5	Muy alto
2016	132.95	4	Alto
2017	177.89	5	Muy alto
2018	156.19	4	Alto
2019	188.65	5	Muy alto
2020	152.10	4	Alto

4.2.7. Diagrama Ombrotermico

Tabla 16. Diagrama ombrotérmico del periodo 1999 - 2020

Periodo 1999 - 2020		
Mes	T (C°)	PP (mm)
Enero	26.98	136.12
Febrero	26.55	147.50
Marzo	26.19	167.12
Abril	25.84	168.26
Mayo	25.80	114.53
Junio	25.33	83.8
Julio	25.21	72.0
Agosto	26.08	58.2
Setiembre	26.49	89.4
Octubre	26.90	112.8
Noviembre	27.25	135.2
Diciembre	27.05	126.9

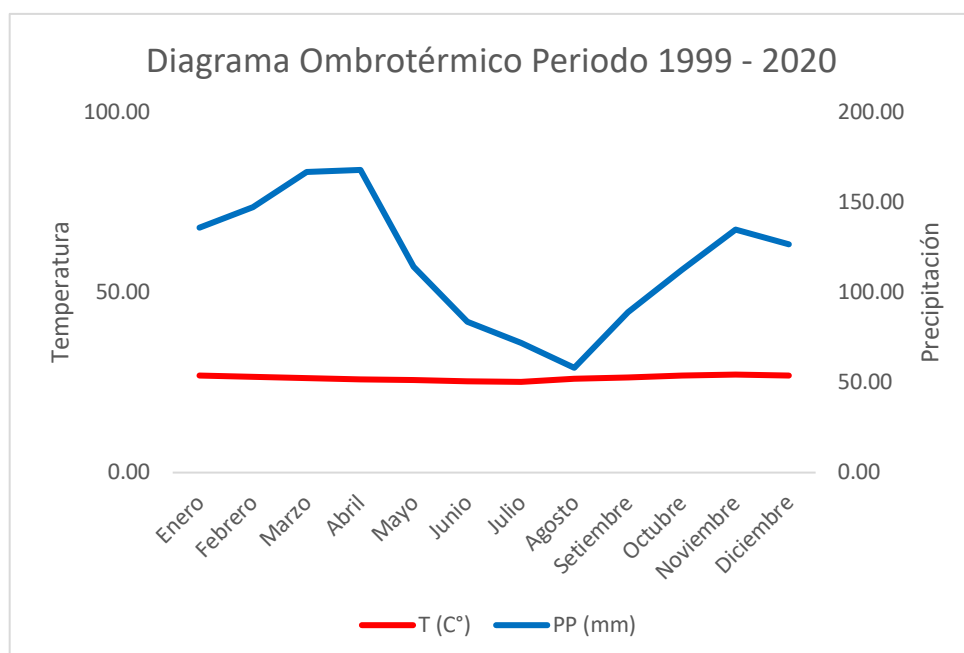


Figura 14. Diagrama ombrotermico periodo 1999 al 2020

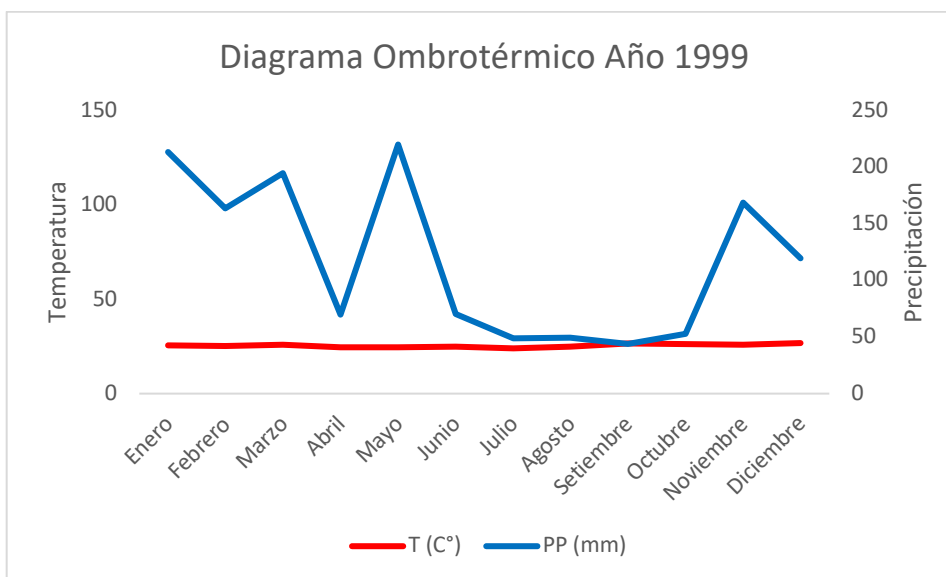


Figura 15. Diagrama Ombrotérmico año 1999

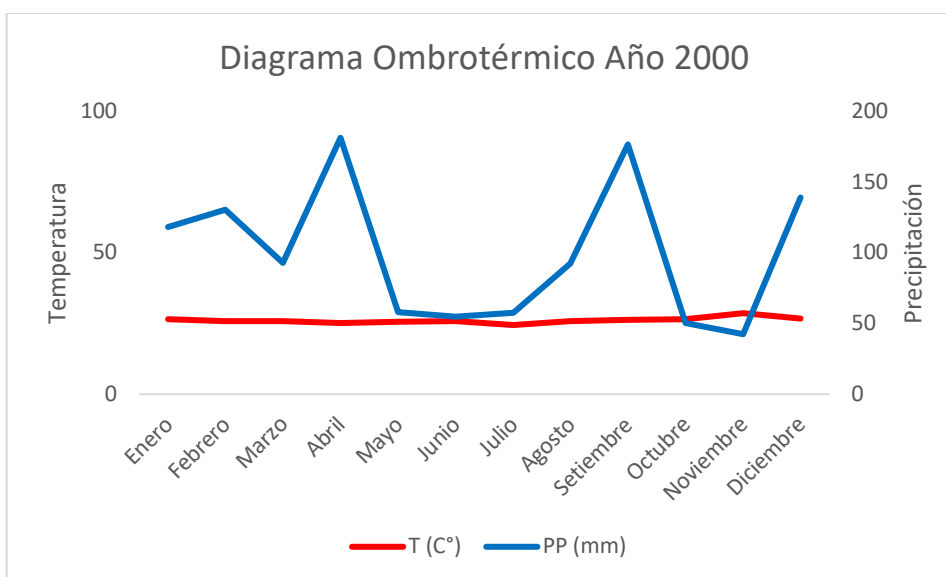


Figura 16. Diagrama Ombrotérmico año 2000

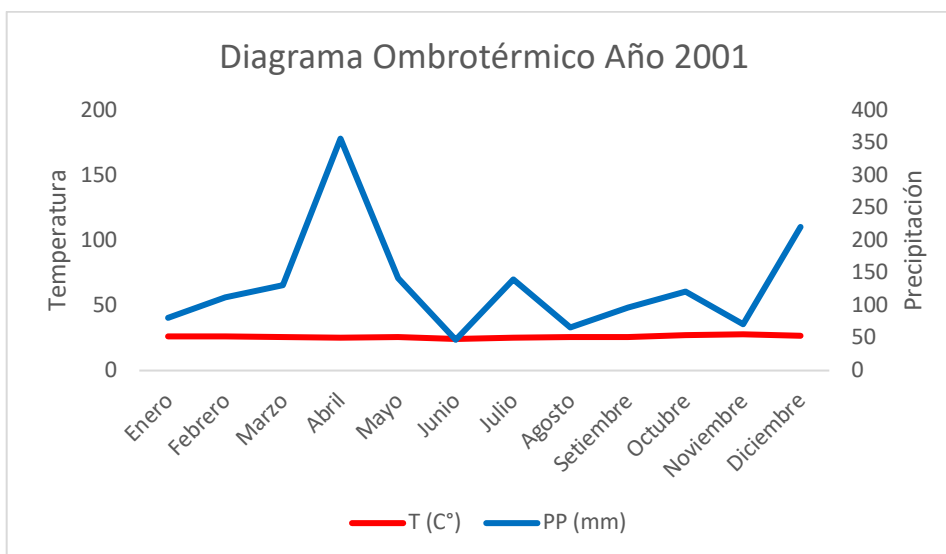


Figura 17. Diagrama Ombrotérmico año 2001

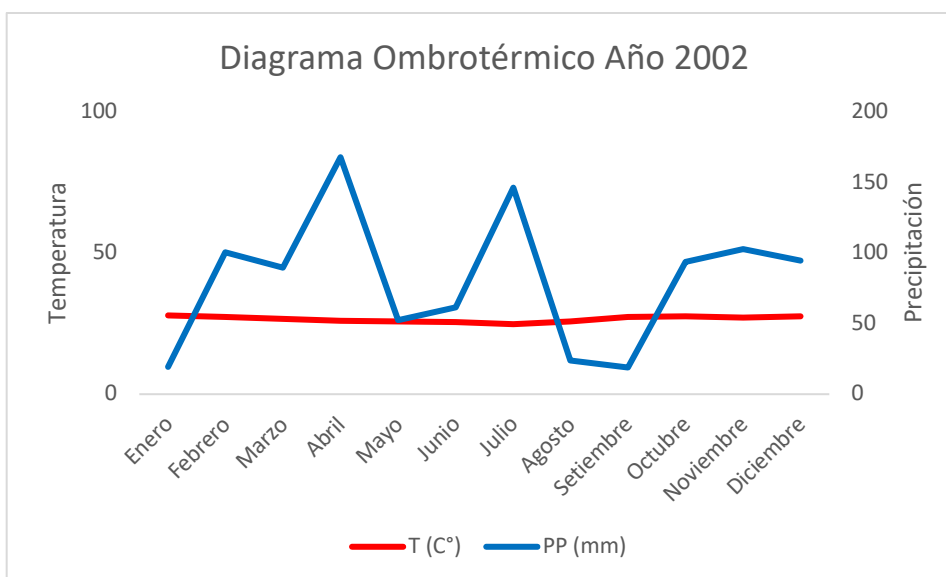


Figura 18. Diagrama Ombrotérmico año 2002

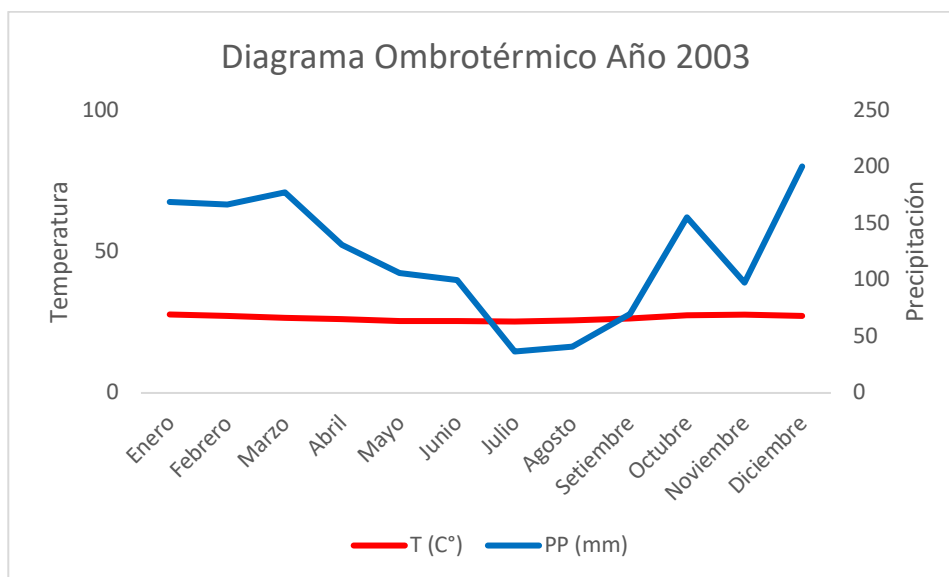


Figura 19. Diagrama Ombrotérmico año 2003

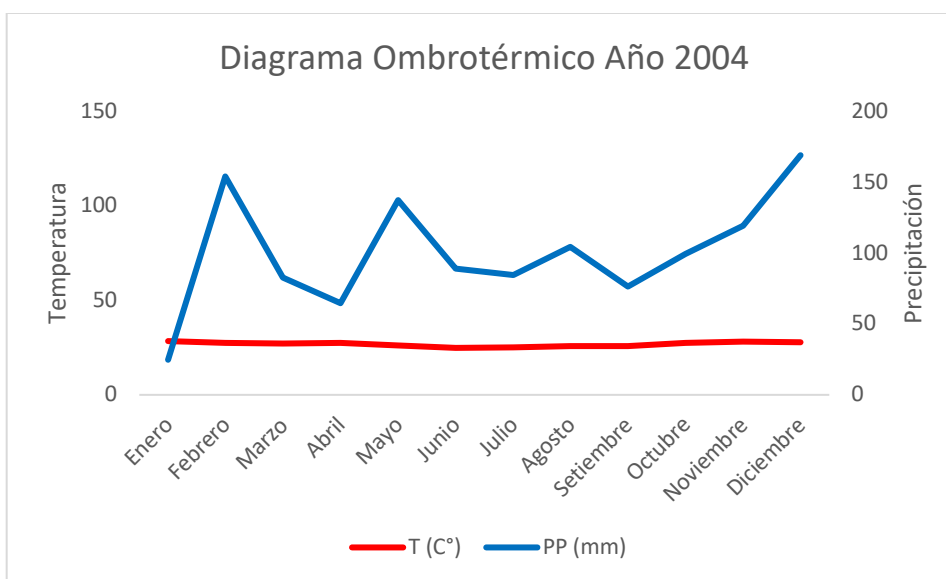


Figura 20. Diagrama Ombrotérmico año 2004

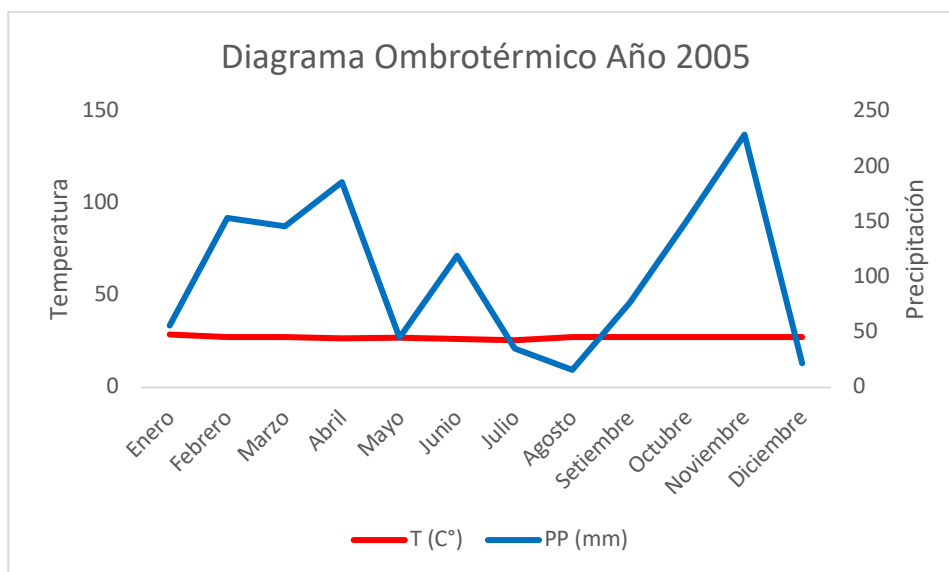


Figura 21. Diagrama Ombrotérmico año 2005

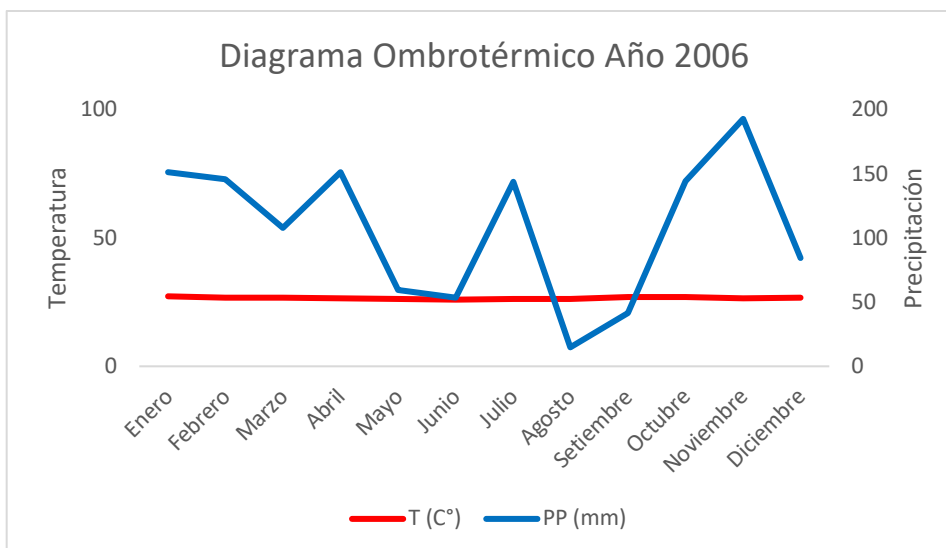


Figura 22. Diagrama Ombrotérmico año 2006

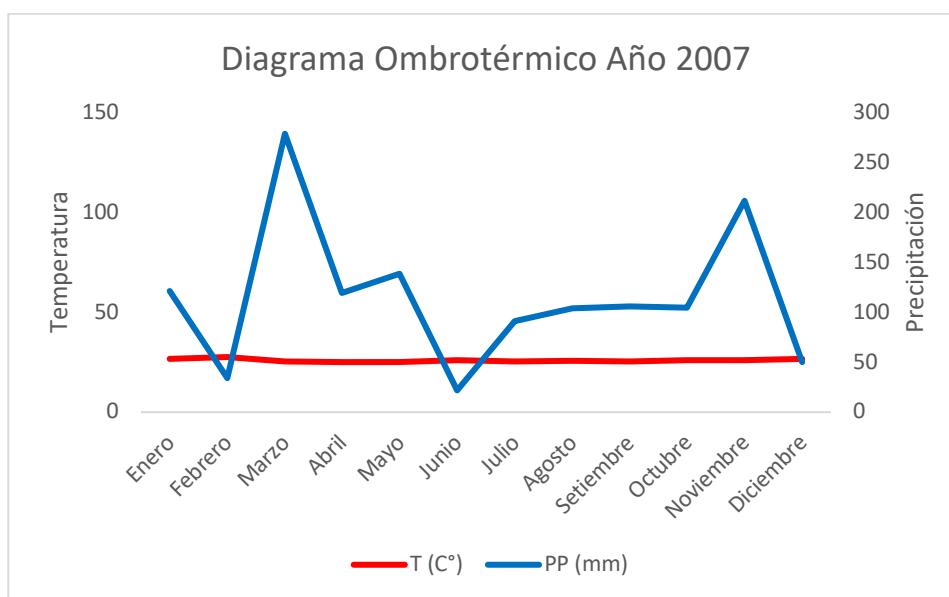


Figura 23. Diagrama Ombrotérmico año 2007

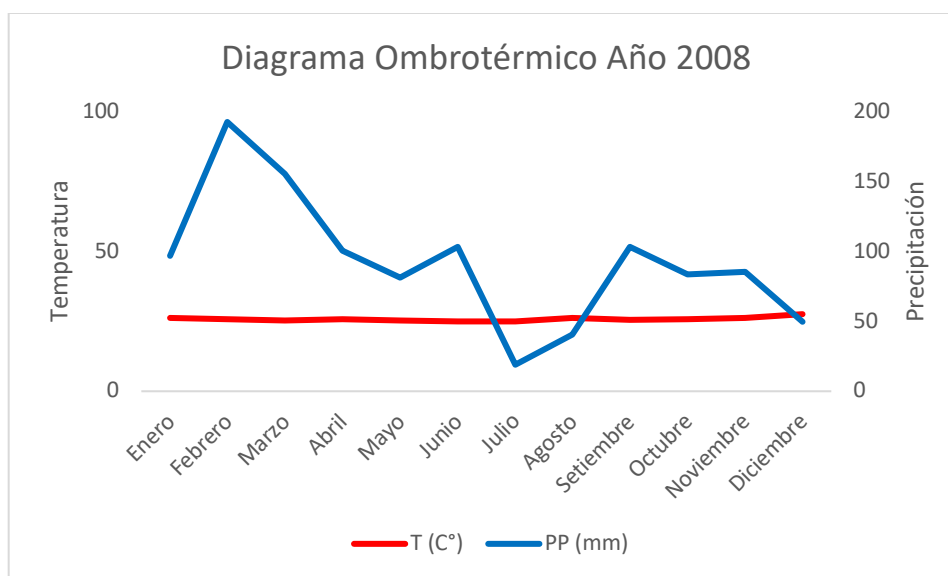


Figura 24. Diagrama Ombrotérmico año 2008

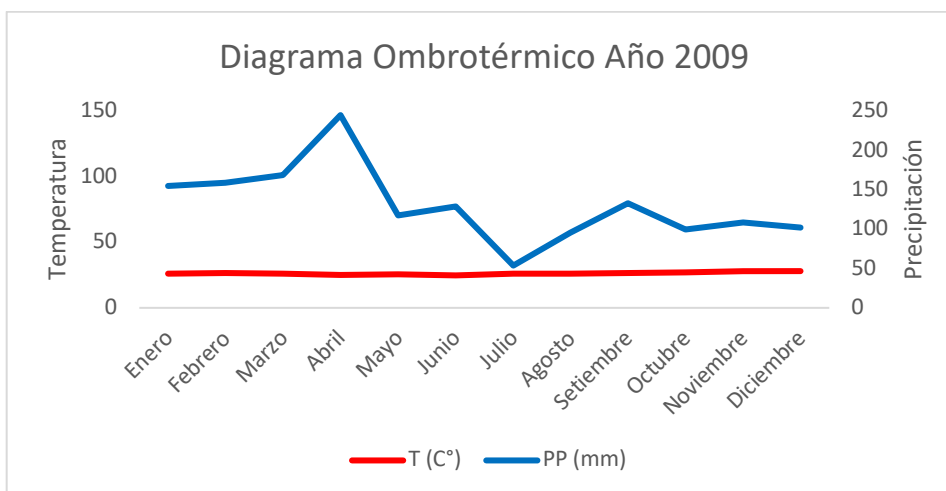


Figura 25. Diagrama Ombrotérmico año 2009

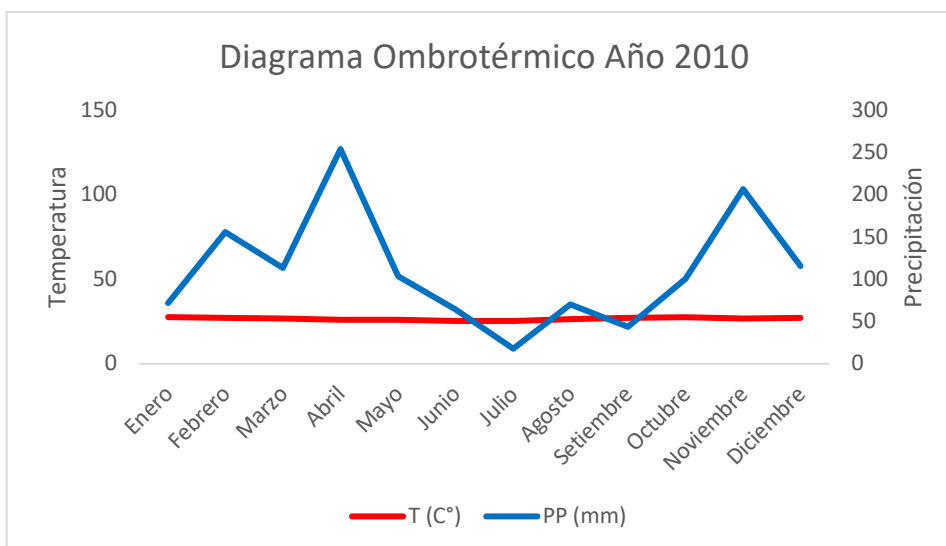


Figura 26. Diagrama Ombrotérmico año 2010

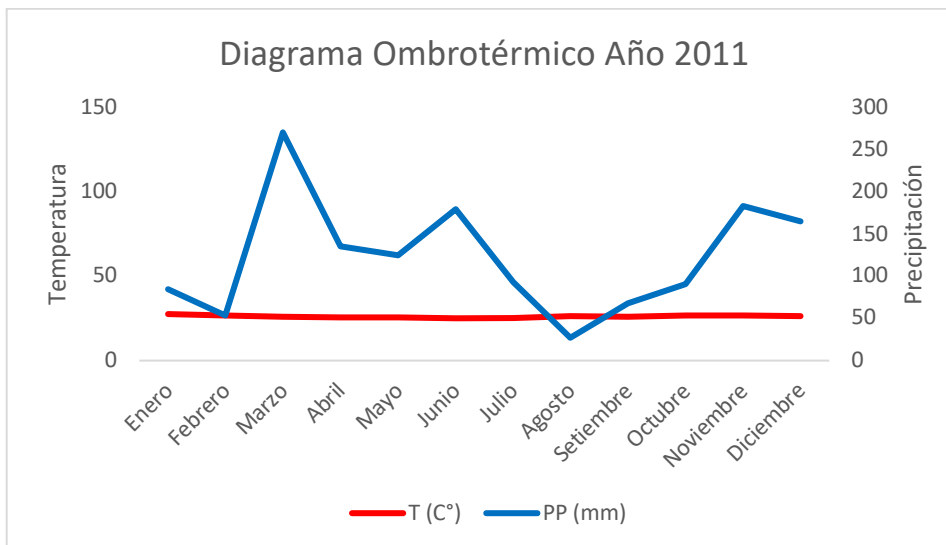


Figura 27. Diagrama Ombrotérmico año 2011

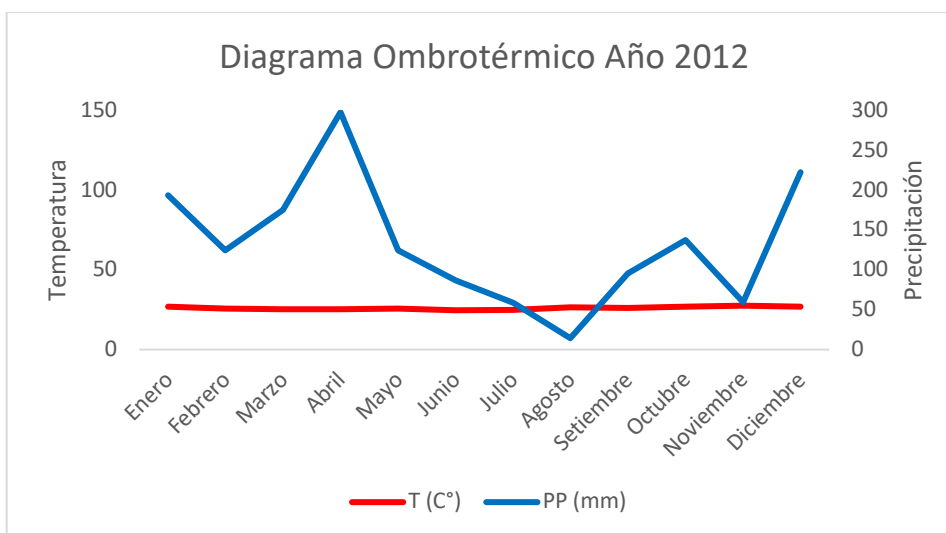


Figura 28. Diagrama Ombrotérmico año 2012

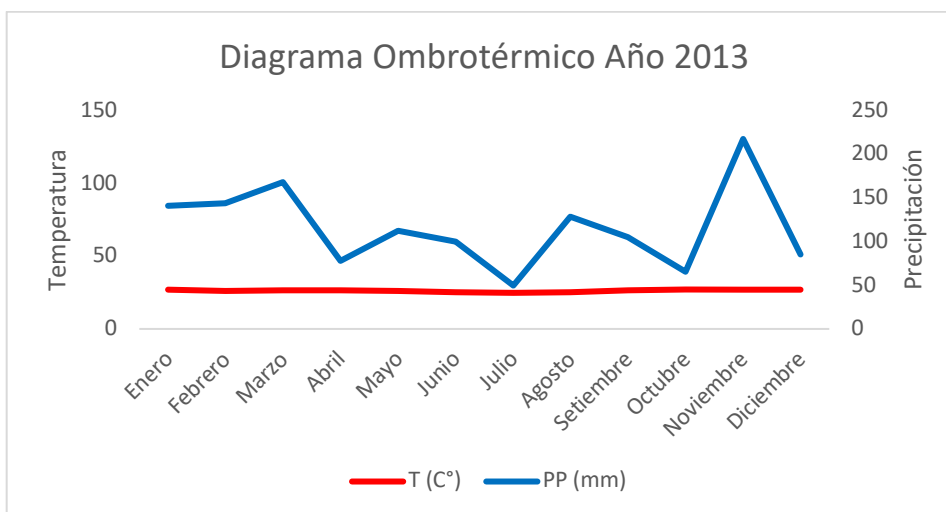


Figura 29. Diagrama Ombrotérmico año 2013

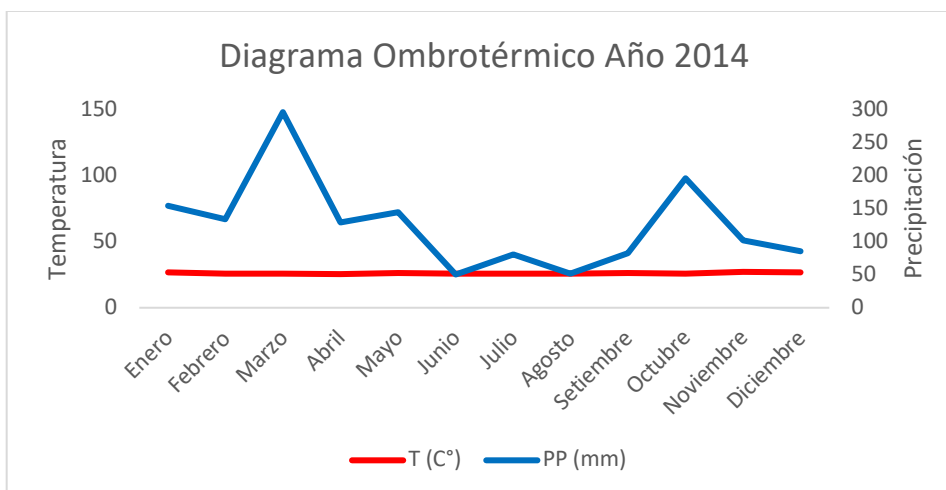


Figura 30. Diagrama Ombrotérmico año 2014

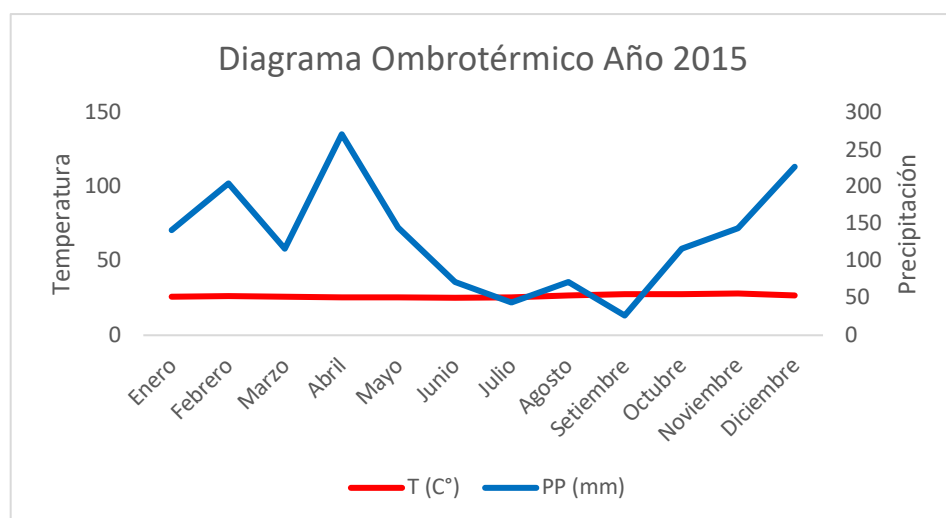


Figura 31. Diagrama Ombrotérmico año 2015

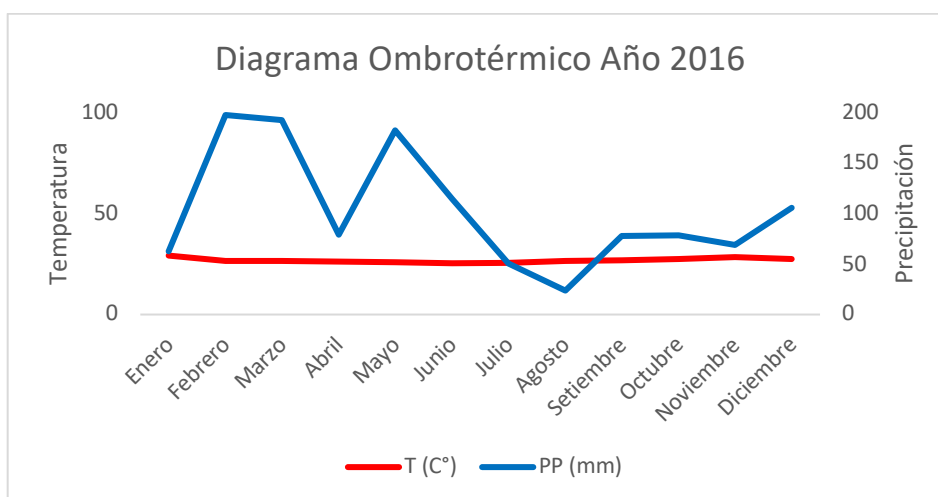


Figura 32. Diagrama Ombrotérmico año 2016

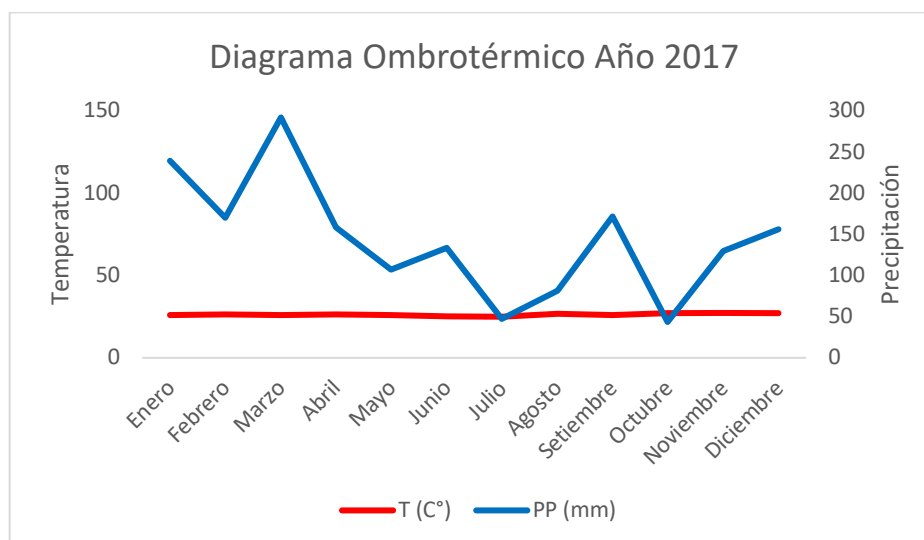


Figura 33. Diagrama Ombrotérmico año 2017

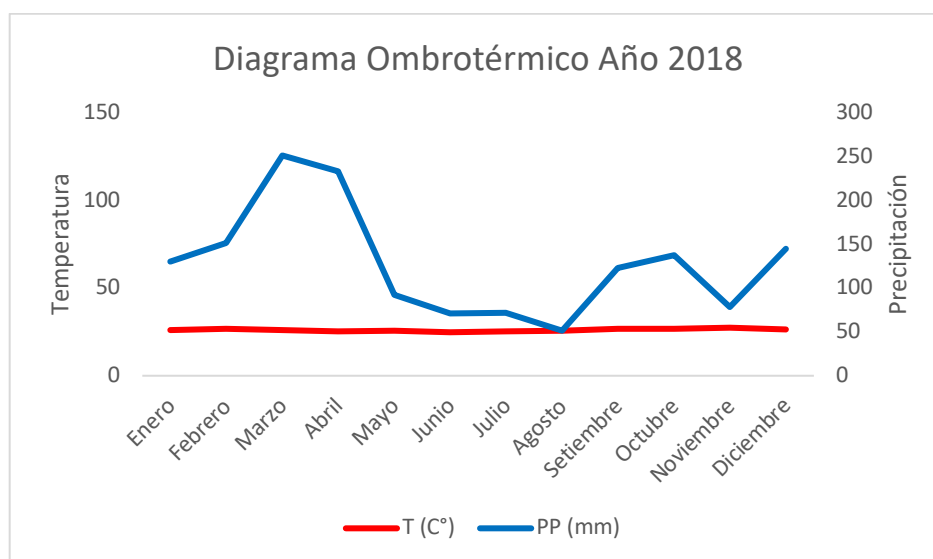


Figura 34. Diagrama Ombrotérmico año 2018

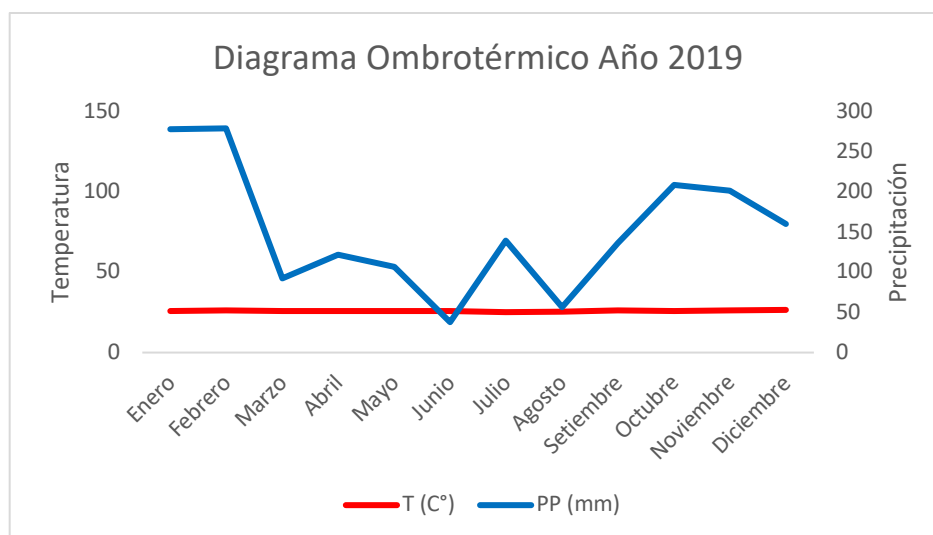


Figura 35. Diagrama Ombrotérmico año 2019

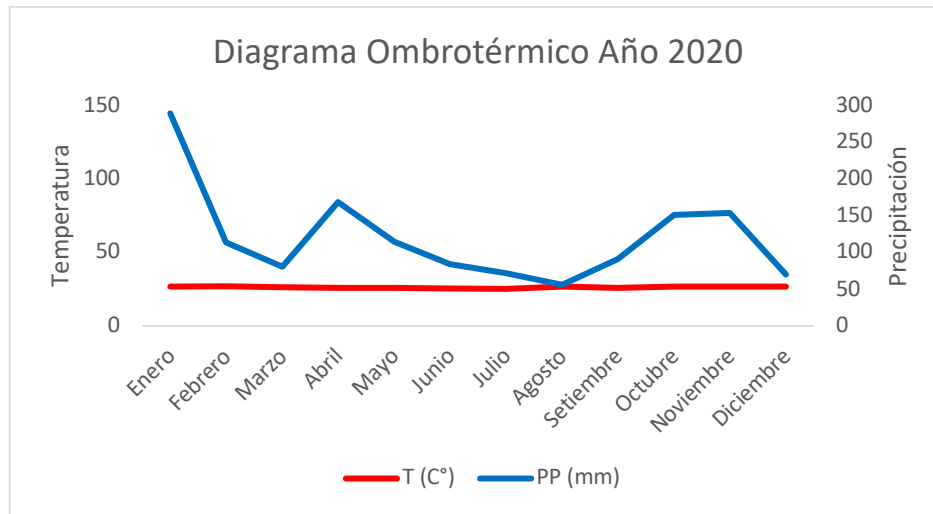


Figura 36. Diagrama Ombrotérmico año 2020

4.3. Estimar las fluctuaciones y sus tendencias de las variables en estudio.

4.3.1. Fluctuaciones y sus tendencias de la Temperatura máxima.

Modelo ARIMA(0,1,5)(0,0,1)[12]

Coefficiente:

	ma1	ma2	ma3	ma4	ma5	sma1
	-0.4100	-0.1158	-0.1137	-0.1492	-0.1436	0.2996
s.e.	0.0641	0.0665	0.0634	0.0617	0.0601	0.0705

σ^2 estimated as 1.045: log likelihood=-377.16

AIC=768.33 AICc=768.77 BIC=793.33

Un ARIMA sería el modelo que mejor representa la serie (0,1,5)(0,0,1) con tendencia, y que arroja un AIC de 768.33.

De la figura 37, se observa el diagnóstico del modelo planteado, donde los residuos siguen una distribución normal, lo cual se contrasta, con la prueba de Box-Ljung. Por lo tanto el modelo nos sirve para predecir.

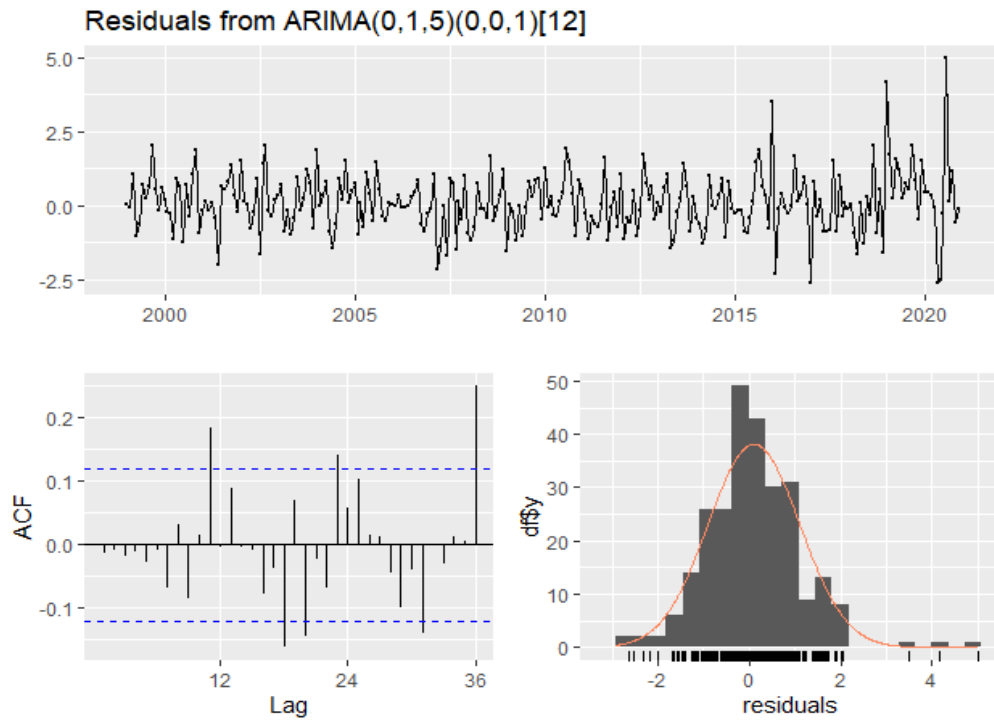


Figura 37. Diagnóstico de los residuos del modelo

4.3.1.1. Prueba de normalidad de los residuos

a) Estadísticos para la prueba

Box-Ljung:

$$X\text{-squared} = 13.511, df = 12, p\text{-value} = 0.333$$

Como el $p\text{-value} = 0.333 > 0.05$, indica que los residuos siguen una repartición normal con media cero y varianza uno; a un nivel de significancia del 5%

De la figura 38 se observa la predicción del modelo de temperatura máxima para 20 años.

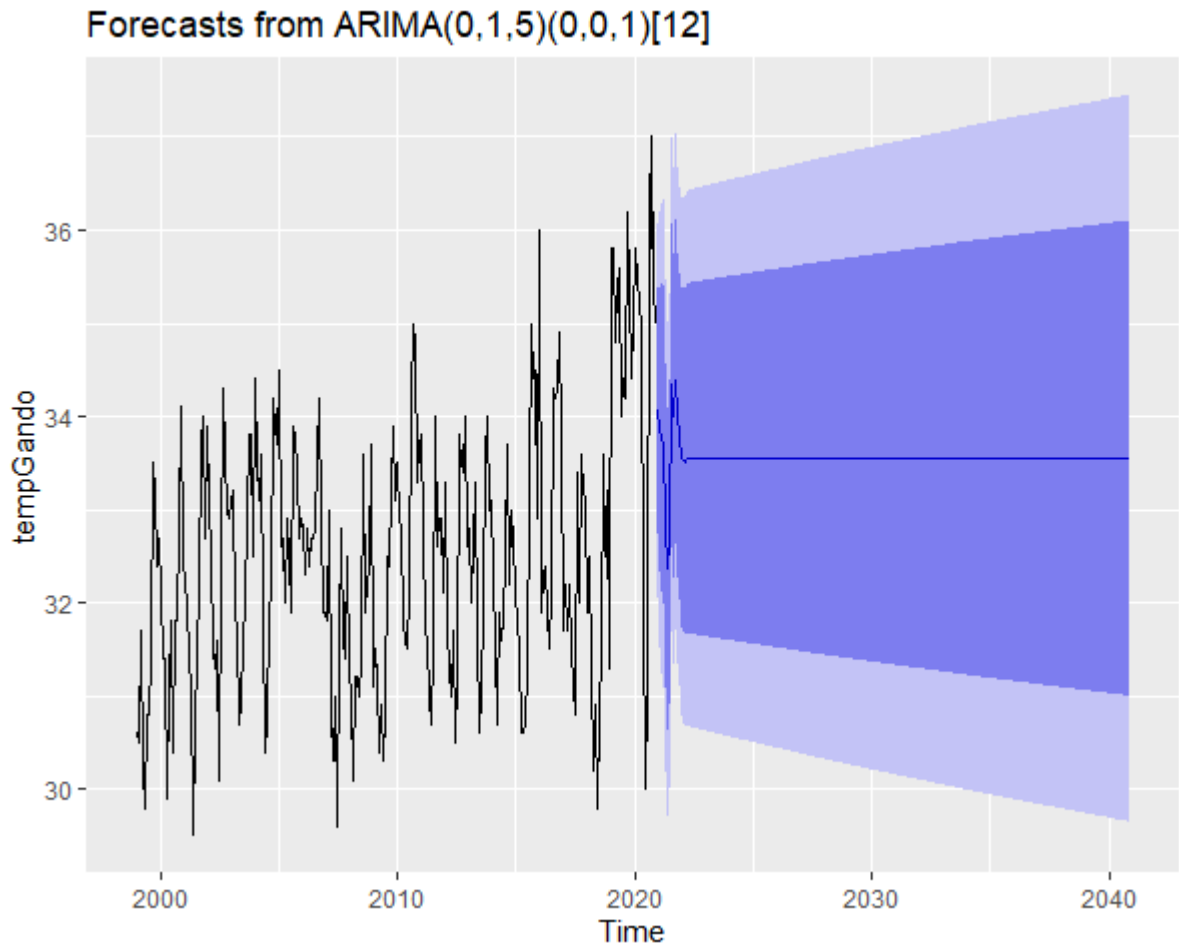


Figura 38. Predicción de la temperatura máxima para 20 años.

4.3.2. Fluctuaciones y sus tendencias de la Temperatura mínima.

Modelo ARIMA (1,0,1) (2,1,0) [12]

Coefficients:

	ar1	ma1	sar1	sar2	drift
	0.9003	-0.4945	-0.5967	-0.3309	-0.0035
s.e.	0.0364	0.0659	0.0666	0.0727	0.0084

σ^2 estimated as 0.3748: log likelihood=-234.33

AIC=480.65 AICc=480.99 BIC=501.83

Un ARIMA sería el modelo que mejor representa la serie (1,0,1) (2,1,0) con tendencia, y que arroja un AIC de 480.65.

De la figura 39, Se observa el diagnóstico del modelo planteado, donde los residuos siguen una distribución normal, lo cual se contrasta, con la prueba de Box-Ljung. Por lo tanto, el modelo nos sirve para predecir.

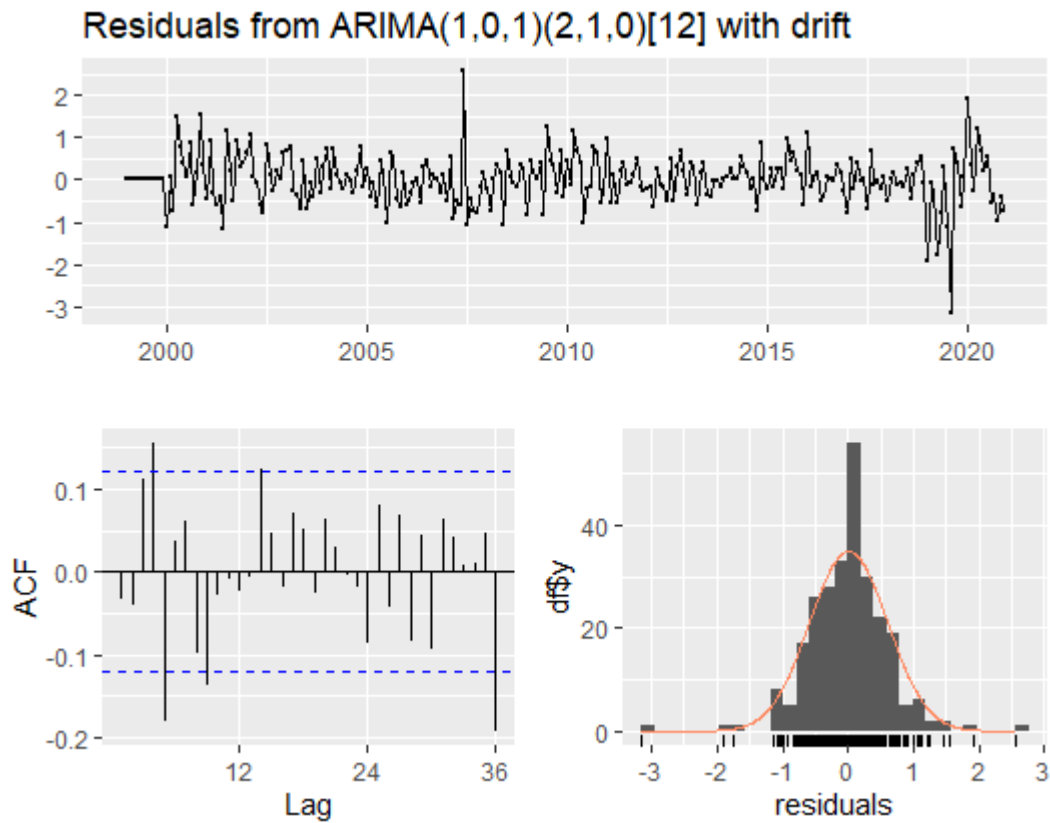


Figura 39. Diagnóstico de los residuos del modelo

4.3.2.1. Prueba de normalidad de los residuos

a) Estadísticos para la prueba

Box-Ljung:

$$X\text{-squared} = 29.139, df = 12, p\text{-value} = 0.3757$$

Como el **p-value = 0.3757 > 0.05**, indica que los residuos siguen una repartición normal con media cero y varianza uno; a un nivel de significancia del 5%.

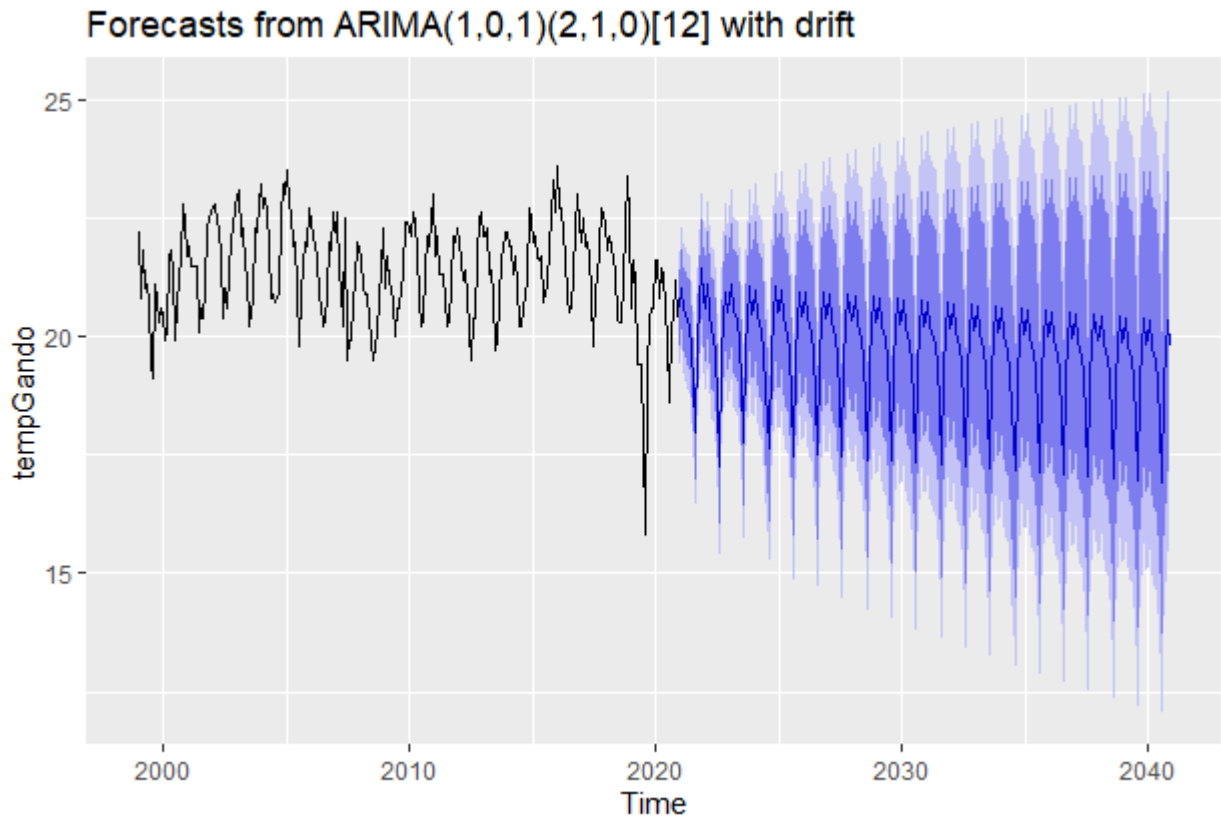


Figura 40. Predicción de la temperatura mínima para 20 años.

4.3.3. Fluctuaciones y sus tendencias de la Temperatura media.

Modelo ARIMA (2,0,2) (1,1,0) [12]

Coefficients:

	ar1	ar2	ma1	ma2	sar1	drift
	0.3801	0.4528	-0.1188	-0.3417	-0.4394	0.0031
s.e.	0.9197	0.8103	0.9138	0.5708	0.0589	0.0076

sigma² estimated as 0.434: log likelihood=-250.73

AIC=515.46 AICc=515.92 BIC=540.16

Un ARIMA sería el modelo que mejor representa la serie (2,0,2)(1,1,0) con tendencia, y que arroja un AIC de 515.46.

De la figura 41, se observa el diagnóstico del modelo planteado, donde los residuos siguen una distribución normal, lo cual se contrasta, con la prueba de Box-Ljung. Por lo tanto, el modelo nos sirve para predecir.

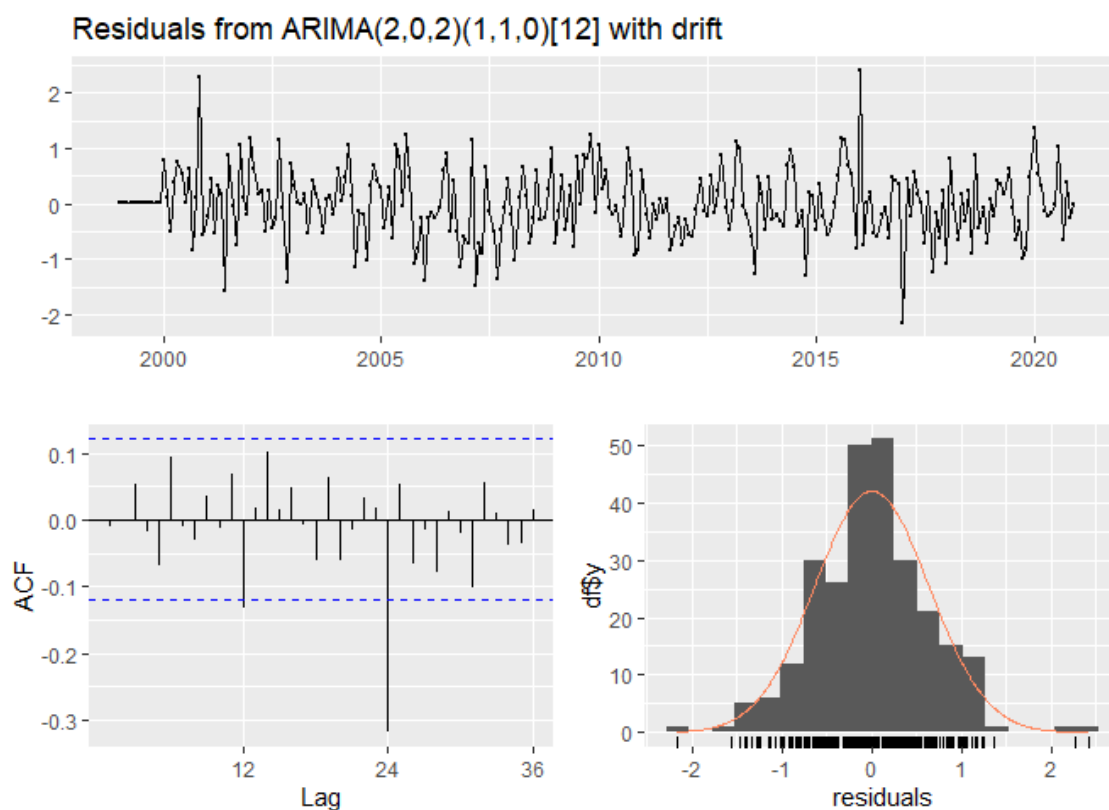


Figura 41. Diagnóstico de los residuos del modelo

4.3.3.1. Prueba de normalidad de los residuos

a) Estadísticos para la prueba

Box-Ljung:

$$X\text{-squared} = 11.442, df = 12, p\text{-value} = 0.4915$$

Como el $p\text{-value} = 0.4915 > 0.05$, indica que los residuos siguen una repartición normal con media cero y varianza uno; a un nivel de significancia de 5%.

De la figura 42 se visualiza la predicción del modelo la temperatura máxima para 24 meses del año 2021 y 2022.

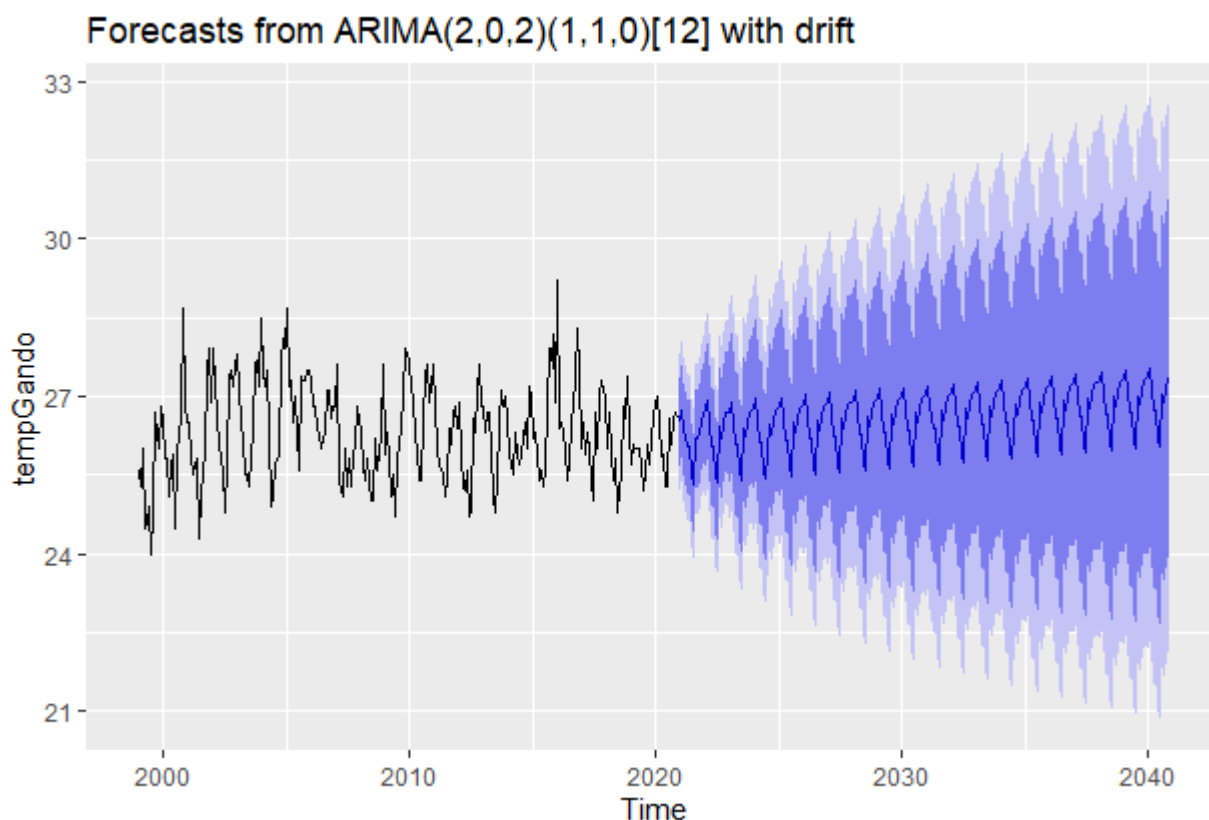


Figura 42. Predicción de la temperatura media 2021-2022.

4.3.4. Fluctuaciones y sus tendencias de la humedad relativa promedio mensual (%).

Modelo ARIMA (0,1,3) (2,0,0) [12]

Coefficientes:

ma1	ma2	ma3	sar1	sar2
-0.5531	-0.1484	-0.1600	0.2733	0.2882
s.e. 0.0638	0.0763	0.0635	0.0604	0.0617

sigma² estimated as 7.08: log likelihood=-630.48
AIC=1272.96 AICc=1273.29 BIC=1294.39

Un ARIMA sería el modelo que mejor representa la serie (0,1,3) (2,0,0) con tendencia, y que arroja un AIC de 1272.96.

De la figura 43, Se observa el diagnóstico del modelo planteado, donde los residuos siguen una distribución normal, lo cual se contrasta, con la prueba de Box-Ljung. Por lo tanto, el modelo nos sirve para predecir.

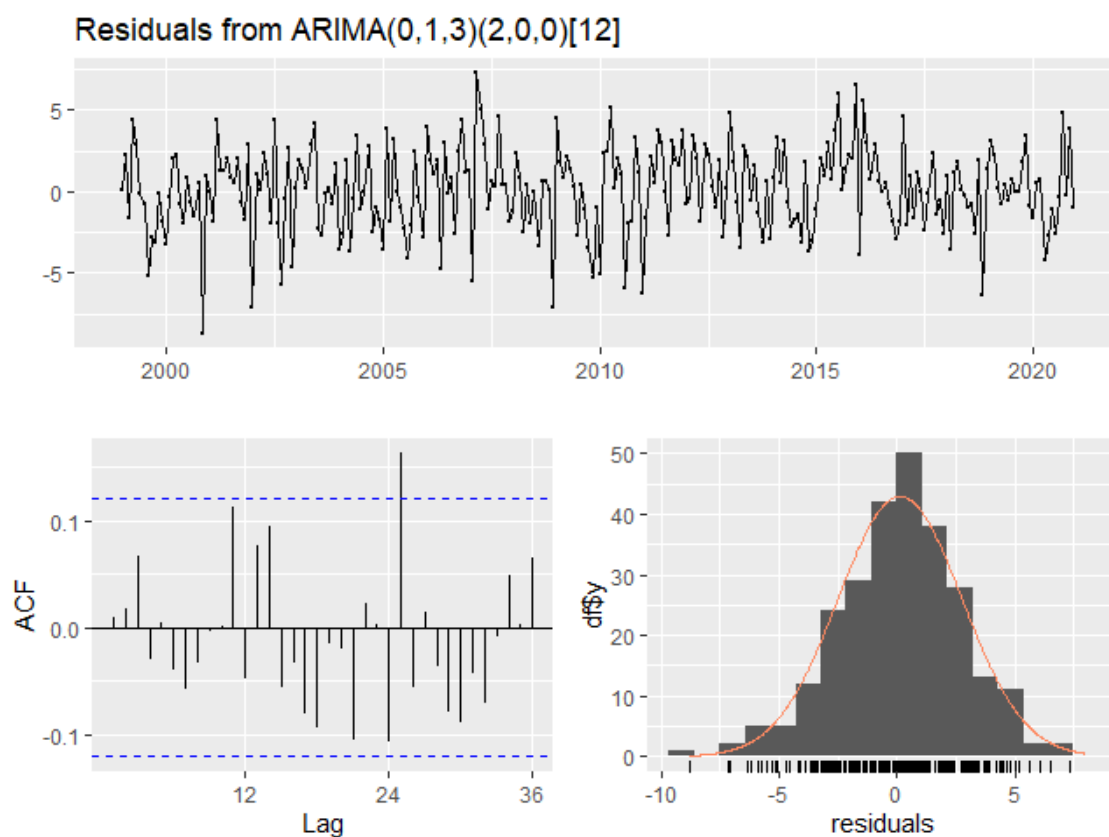


Figura 43. Diagnóstico de los residuos del modelo

4.3.4.1. Prueba de normalidad de los residuos

a) Estadísticos para la prueba

Box-Ljung:

$$X\text{-squared} = 7.3656, df = 12, p\text{-value} = 0.8325$$

Como el **p-value = 0.8325 > 0.05**, indica que los residuos siguen una repartición normal con media cero y varianza uno; a un nivel de significancia del 5%.

De la figura 44 se visualiza la predicción del modelo la temperatura máxima para 24 meses del año 2021 y 2022.

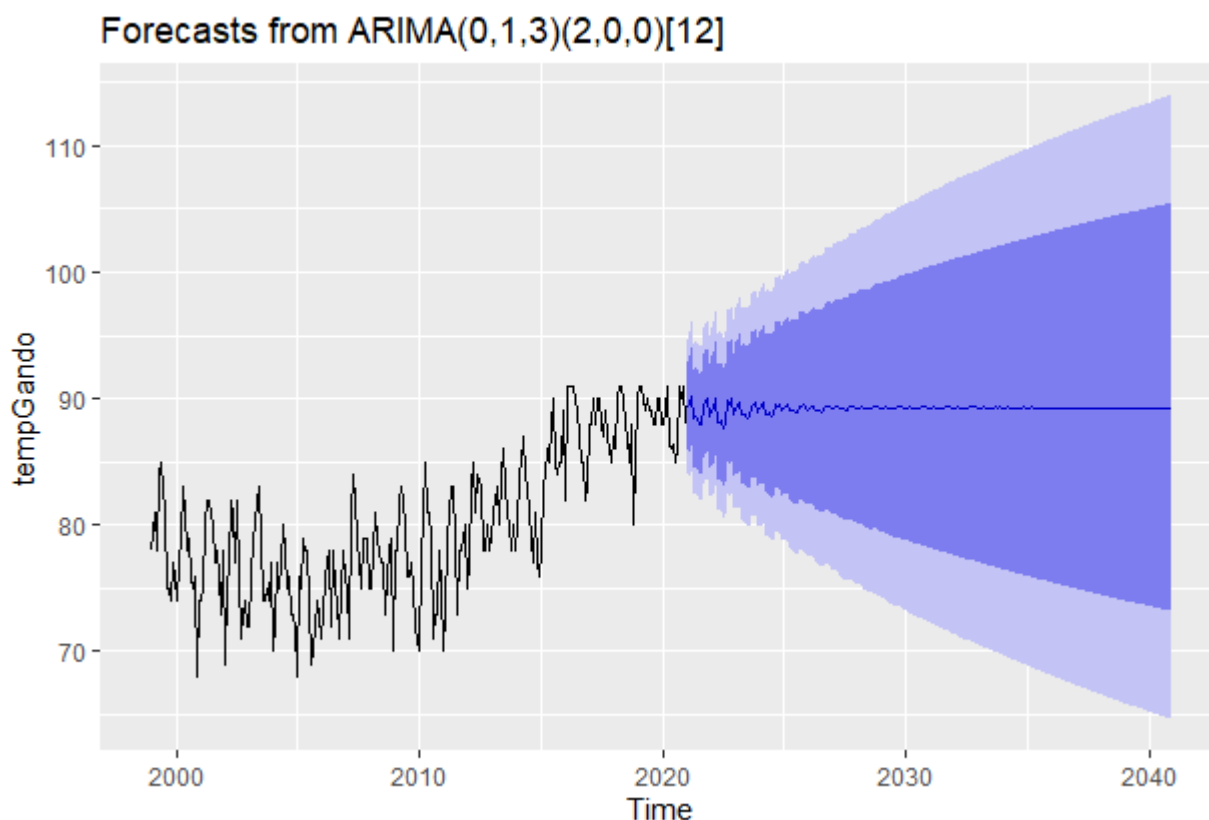


Figura 44. Predicción de humedad relativa promedio mensual % 2021-2022.

4.3.5. Fluctuaciones y sus tendencias de la precipitación total mensual (mm).

Modelo ARIMA (0,0,1)(2,0,0)[12]

Coefficients:

ma1	sar1	sar2	mean	
-0.0855	0.2461	0.2347	118.1632	
s.e.	0.0739	0.0625	0.0699	6.0842

sigma² estimated as 3595: log likelihood=-1454.63

AIC=2919.26 AICc=2919.5 BIC=2937.14

Un ARIMA sería el modelo que mejor representa la serie (0,0,1)(2,0,0) con tendencia, y que arroja un AIC de 2919.26

De la figura 45, Se observa el diagnóstico del modelo planteado, donde los residuos siguen una distribución normal, lo cual se contrasta, con la prueba de Box-Ljung. Por lo tanto, el modelo nos sirve para predecir.

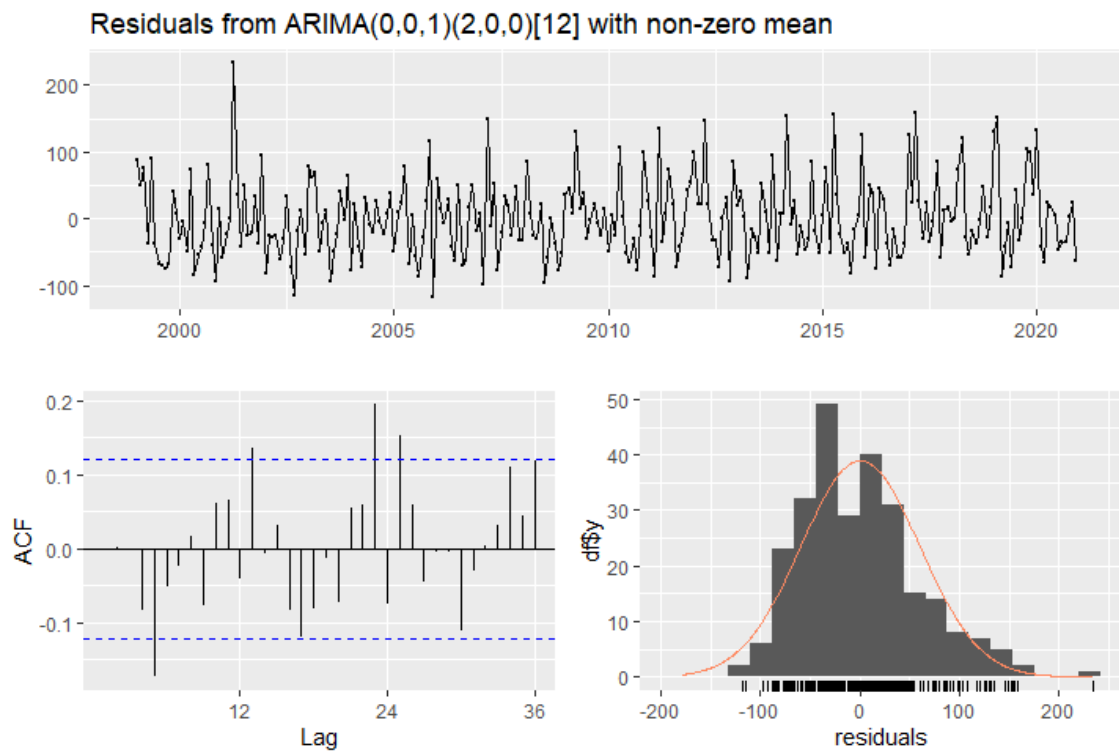


Figura 45. Diagnóstico de los residuos del modelo

4.3.5.1. Prueba de normalidad de los residuos

Estadísticos para la prueba

Box-Ljung:

$$X\text{-squared} = 15.345, \text{ df} = 12, \text{ p-value} = 0.2231$$

Como el **p-value = 0.2231** > **0.05**, indica que los residuos siguen una distribución normal con media cero y varianza uno; a un nivel de significancia de 5%.

De la figura 46, se observa la predicción del modelo la temperatura máxima para 24 meses del año 2021 y 2022.

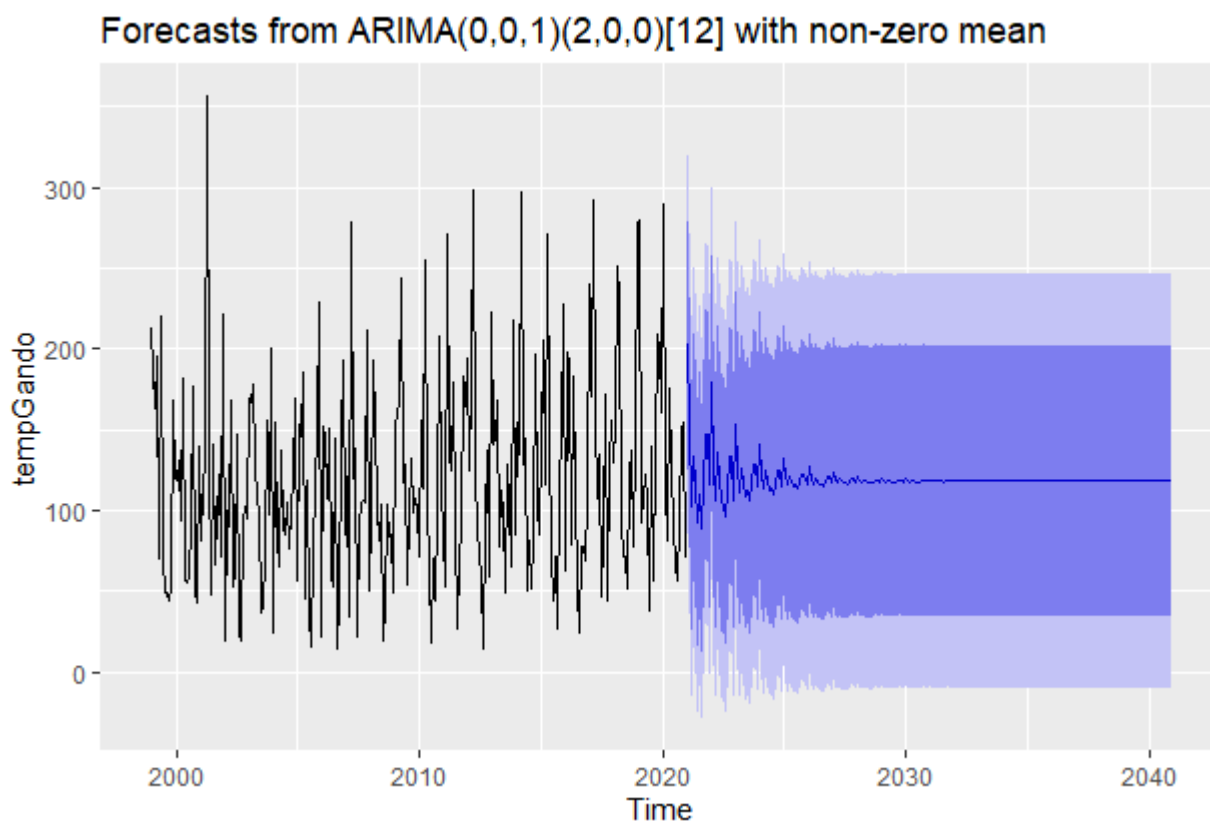


Figura 46. Predicción Precipitación total mensual (mm) en el 2021-2022.

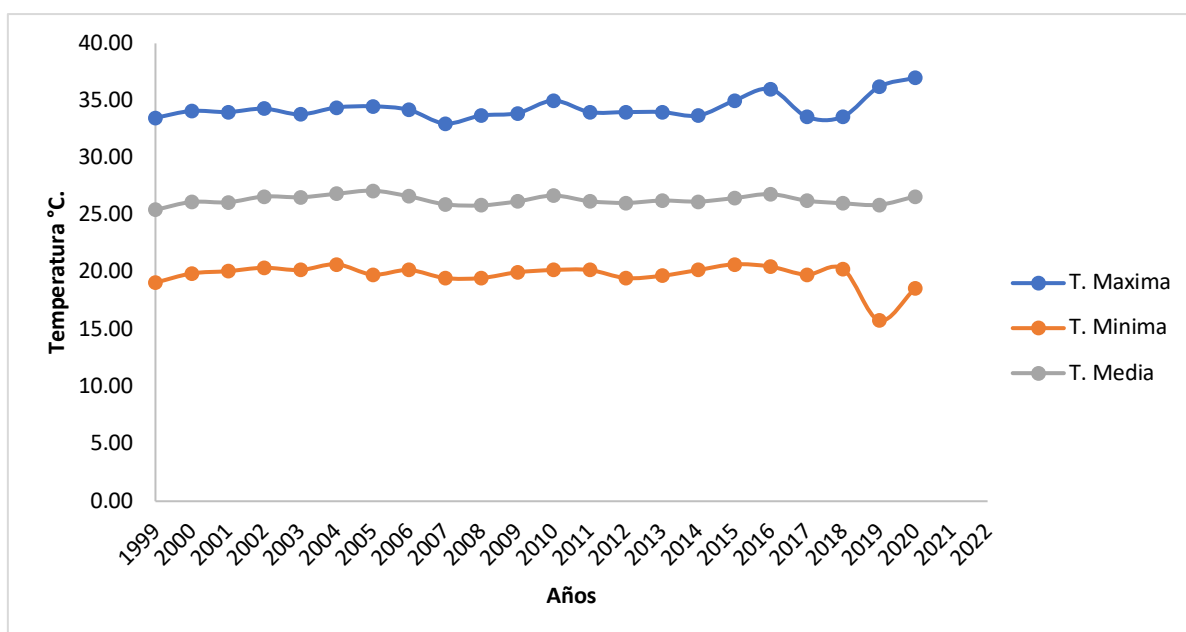


Figura 47. Tendencias de temperaturas (máxima, mínima y media) período 1999-2020.

V. CONCLUSIONES

1. Los meses más calurosos durante el tiempo que se observó, obtenido por temperatura máxima son marzo, abril, mayo, agosto y setiembre, y los meses fríos son mayo, junio y julio; los meses en los que más llueve son de setiembre a enero y poco lluviosos, junio, julio y agosto obtenidos por temperatura mínima, los meses octubre a febrero son los meses con mayor humedad, agosto y setiembre meses poco húmedos. La temperatura máxima, mínima, media y la precipitación no presentan tendencia, son estacionarias, contrastando con la humedad relativa que si tiene mayor fluctuación.

2. La mayor evapotranspiración se dio el año 2016 en el mes de enero (1711.05 mm), los índices de humedad en la mayoría de los años se consideran como seco-subhúmedo (tipo C1), con excepción de los años 2001, 2012 y 2017 como subhúmedo húmedo (tipo C2). Presenta un clima de influencia hiper oceánica con excepción de los años 2000, 2001, 2004 y 2016 considerados como subcontinentales.

El índice de aridez según Lang lo clasifica como húmedo de estepa y sabana, según Rivas Martínez se tiene una termicidad de cálido con subtipo tórrido, con un índice de erosividad alto a muy alto.

Presenta un diagrama ombrotermico propio para una zona tropical, presentando dos periodos húmedos de mayor precipitación de enero a abril y octubre a diciembre, con un periodo menos húmedo a seco entre los meses de junio a setiembre. A nivel anual es variable el comportamiento pluviométrico y térmico, donde los diagramas no presentan una secuencia estable.

La zona de Tarapoto pertenece al clima “seco subhúmedo” ya que se determinaron valores desde -30.30 hasta -1 a -0.71 , que se encuentra en el rango de clasificación de -33.3 a 0 .

3. Las fluctuaciones y tendencias de la temperatura máxima y mínima es ligeramente a nivel anual, la temperatura media con una débil tendencia a incrementarse; la humedad relativa presenta fluctuaciones y tendencias a incrementarse para los próximos 20 años, lo que no sucede con las precipitaciones que mantiene una tendencia estable

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Garantizar que la información meteorológica registrada en la Estacion El Porvenir en el distrito de Juan Guerra continúe generando en el tiempo futuro para formular análisis mucho más consistentes.
2. Continuar la investigación en esta línea la que nos permitirá adecuarnos a cambios de eventos meteorológicos y prever la adaptación de las actividades y seguridad del poblador.
3. Implementar estaciones meteorológicas en el ámbito de la región San Martín.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almorox. 2009. Índices climáticos. [En Línea] ([http://ocw.upm.es/ingeniería - agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medio-ambiente-](http://ocw.upm.es/ingeniería-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medio-ambiente)
- Almorox. 2008. Diagrama ombrotérmico. [En línea] (<http://geologia.cicese.mx/ahinojosa/Bioclima/H2/htms/diagrama.htm>, 22
- Battan, L.J. 1976. El Tiempo Atmosférico. Fundamentos de las Ciencias de la tierra. Edic. Omega. Barcelona. España.
- Chavarri, V. A. 2004. Evapotranspiración. Universidad Nacional Agraria La Molina. Catedra. Lima, Perú. 10 p.
- Clas ([http://www.clas.umss.edu.bo/biblioteca /buscar tesis .asp](http://www.clas.umss.edu.bo/biblioteca/buscar_tesis.asp).19 de abril 2014)
- Cuadrat M. Pitta. F. 2004 Climatología. Segunda edición. Cátedra.
- Elías, F., y Castellvi, F. (2001). Agrometeorología. 2da edición, pp. 185-187. Madrid, España: Ediciones Mundi - Prensa.
- García, J. 1994. Principios Físicos de Climatología. Edic. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Holdridge, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José de Costa Rica .216 p.
- IPCC 1998. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ([www.grida.no/climate/ ipcc_tar/vol4_spanish/wg1figs-2.html](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4_spanish/wg1figs-2.html)).
- Millarium, A. 2004. Indices de termicidad. Sevilla – España. [En Línea] (<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/IndicesC>
- Organización de las Naciones Unidas (2021). México, Día mundial del medio Ambiente ([http://www.onu.org.pe/Publico/infocus/ medioambiente.aspx](http://www.onu.org.pe/Publico/infocus/medioambiente.aspx)).
- Organización meteorológica mundial (OMM 1992). Cambio climático.
- Peñaherrera, C. 2004. Enciclopedia Temática del Perú. Geografía. 1m Edición. El Comercio S.A. Lima. Perú.
- Ramírez 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.
- Rivas - MARTINEZ. 2008. Clasificación bioclimática de la Tierra. Centro de investigaciones fitosociológicas. España. Versión 27-08-2004. [En Línea]: (<http://www.globalbioclimatics.org>) 20 de Jun. 2010.

- Seoánez 2001. Tratado de climatología aplicada a la ingeniería medioambiental. Ediciones Paraninfo S.A. Calle José Abascal 41, Oficina 201. 28003 Madrid (España)
- Stock, J., WATSON, M. W. 2000. Vectores Auto Regresivos (VAR). Banco de Guatemala, TRANS. [En Línea]: Banguat, (<http://www.banguat.gob.gUinveco/notas/articulos/envolver.articulos>, 12 Nov. 2007).
- Vargas 2005. Muestras de aire completo (Colombia 2005) (www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4_spanish/wg1figs-2.html).
- Villon, M. 2002. Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Facultad de Ingeniería Agrícola. 2° Edic. Ediciones Villon. Lima, Perú. p. 15 - 64. Jun. 2009). /Indice-Climatico.pdf) 20 Feb. 2012. lima.htm#termicidad) 20 Mar. 2012.

VIII. ANEXOS

Tabla 17. Temperatura máxima

TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO MENSUAL °C													
AÑO	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1999	30.6	30.5	31.7	30.2	29.8	30.8	30.8	31.4	33.5	33.2	32.4	32.7	33.5
2000	32.1	31.4	31.4	29.9	31.1	31.8	30.4	31.8	31.8	32.8	34.1	32.5	34.1
2001	32.2	32	31.4	31.1	31.2	29.5	30.6	31.5	32.1	33.7	34	32.7	34
2002	33.9	33.1	32.5	31.5	31.3	31.6	30.1	32.4	34.3	33.6	33	32.9	34.3
2003	33.1	33.2	31.9	31.7	30.7	30.9	31.6	32	32.9	33.8	33.8	32.5	33.8
2004	34.4	33.5	33.1	33.6	31.9	30.4	30.7	31.9	32.1	34.2	33.9	33.7	34.4
2005	34.5	32.6	32.7	32	32.9	32.5	31.9	33.9	33.8	33.4	32.7	32.9	34.5
2006	32.8	32.3	32.8	32.4	32.7	32.7	32.8	33.6	34.2	32.9	31.9	31.9	34.2
2007	31.8	33	30.8	30.3	31	29.6	31.6	32.8	31.5	32	31.4	32.5	33
2008	31.3	31	30.1	31.2	31.2	31	31.4	33.6	31.9	32.2	32.4	33.7	33.7
2009	31.1	31.5	31.2	30.4	30.9	30.3	30.8	32.5	32.4	33.2	33.9	33.1	33.9
2010	33.5	32.9	32.8	31.8	31.6	31.5	32.1	34.2	35	34.8	33.3	33.7	35
2011	33.8	32.8	31.7	31.6	31	30.7	31.5	34	32.6	32.9	32.9	32.1	34
2012	33.3	31.7	31.3	31	31.7	30.5	31.2	33.8	33.5	33.4	34	32.6	34
2013	32.8	32	32.6	33.3	31.7	30.6	31	32	33.6	34	33	33.1	34
2014	32.3	31.5	30.7	30.9	31.9	31.6	31.8	32.5	33.7	32.2	33	32.7	33.7

2015	32.1	31.8	31.5	30.6	30.6	30.7	31.3	33.2	35	34.4	34.5	32.9	35
2016	36	31.9	32.3	32.4	31.9	31.5	32.1	34.3	34.2	34.3	34.9	33.8	36
2017	31.7	32.2	31.7	32.2	31.5	31.1	30.8	33.4	32	33.6	33.2	33.1	33.6
2018	31.9	32.5	31.3	30.2	30.9	29.8	30.8	31.5	33.6	32.5	33.2	31.3	33.6
2019	35.8	35.8	34.8	35.4	35.6	34	34.4	34.2	36.2	35.4	34.4	35	36.2
2020	35.8	35.5	35.2	31.6	31.55	31.01	31	36.6	35.8	37	35.4	35	37

Tabla 18. Temperatura mínima

TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO MENSUAL °C													
AÑO	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MINIMA
1999	22.2	20.8	21.8	21	21.1	20.7	19.4	19.1	21.1	20.8	20.3	20.6	19.1
2000	20.5	19.9	20.1	21.7	21.8	21.4	19.9	20.6	21.3	21.6	22.8	22.4	19.9
2001	21.7	21.9	21.5	21.5	21.5	20.1	20.6	20.4	21	22.3	22.5	22.6	20.1
2002	22.7	22.8	22.4	22.3	21.7	20.4	21	20.6	21.3	22.1	22.2	22.8	20.4
2003	22.9	23.1	22.1	22.3	21.5	21.3	20.2	20.5	20.8	22.3	22.2	22.8	20.2
2004	23.2	22.7	22.9	22.6	21.9	20.8	20.9	20.7	20.9	22.5	23.2	23	20.7
2005	23.5	22.8	22.6	21.9	22	21	19.8	20.9	21.5	22	21.9	22.7	19.8
2006	22.4	22.1	21.9	21.7	20.8	20.7	20.2	20.3	20.9	22	21.8	22.6	20.2
2007	22.2	22.6	21.3	21	20.2	22.5	19.5	19.9	19.9	20.7	21.2	22	19.5
2008	21.7	21	20.9	20.9	20.4	19.9	19.5	19.8	20.1	20.8	21.4	22.3	19.5
2009	21	21.7	21.2	21	20.7	20	20.6	20.6	21	21.3	22.4	22.4	20
2010	22.3	22.1	22.6	22.4	21.8	20.8	20.2	20.3	21.4	22.1	21.9	22.4	20.2
2011	23	21.7	22.1	21.3	21.3	20.8	20.2	20.3	21.1	22.1	22	22.3	20.2
2012	22	21.6	21.2	21.4	20.9	20.1	19.5	20.4	20.4	21.7	22.5	22.6	19.5
2013	22.1	22.1	22.3	21.3	21.4	20.9	19.7	19.9	20.7	21.7	21.8	22.2	19.7
2014	22.2	21.9	21.9	21.3	21.7	21.1	20.2	20.2	20.9	21.2	22.7	22.5	20.2
2015	22	22.1	21.7	21.6	21.7	20.7	20.9	21.1	21.9	22.5	23.3	22.6	20.7

2016	23.6	22.7	22.7	22.2	21.7	20.8	20.5	20.6	21.3	22.3	23	22.4	20.5
2017	22	22.5	21.9	22	21.7	20.9	19.8	21	21.2	21.9	22.7	22.4	19.8
2018	21.8	22.1	21.9	21.6	21.4	20.4	20.3	20.3	21.2	22.3	23.4	22.5	20.3
2019	20.6	21.6	21.2	19.4	19.4	19.4	17.8	15.8	19.2	20.4	20.6	20.6	15.8
2020	21.6	21.6	20.8	21.5	21.3	20.7	20.0	18.6	20.2	20.4	21.2	20.4	18.6

Tabla 19. Temperatura media mensual

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C													
AÑO	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1999	25.6	25.3	26	24.5	24.6	24.9	24	24.8	26.7	26.3	26	26.8	25.46
2000	26.6	25.8	25.8	25.1	25.7	25.9	24.5	25.9	26.3	26.6	28.7	26.9	26.15
2001	26.5	26.5	25.9	25.5	25.8	24.3	25.1	25.6	25.9	27.5	27.9	26.9	26.12
2002	27.9	27.3	26.6	26.1	25.8	25.6	24.8	25.7	27.4	27.5	27.2	27.6	26.63
2003	27.8	27.2	26.5	26.2	25.5	25.5	25.3	25.8	26.4	27.6	27.7	27.2	26.56
2004	28.5	27.5	27.2	27.5	26.3	24.9	25.1	25.7	25.9	27.7	28.1	27.9	26.86
2005	28.7	27.2	27.3	26.5	27	26.3	25.6	27.4	27.3	27.3	27.5	27.5	27.13
2006	27.3	26.8	26.8	26.4	26.3	26	26.2	26.3	27.1	27.1	26.6	26.8	26.64
2007	26.8	27.6	25.4	25.2	25.1	26	25.3	25.8	25.3	25.9	26.1	26.8	25.94
2008	26.3	25.7	25.4	25.8	25.4	25	25	26.2	25.6	25.9	26.3	27.6	25.85
2009	25.9	26.3	25.8	25.1	25.5	24.7	25.8	26.1	26.4	27	27.9	27.8	26.19
2010	27.7	27.1	27	26.2	26	25.4	25.4	26.6	27.4	27.6	26.9	27.2	26.71
2011	27.6	26.8	26	25.7	25.5	25.1	25.4	26.4	26.1	26.7	26.8	26.4	26.21
2012	26.9	25.9	25.3	25.2	25.6	24.7	24.8	26.6	26.3	27.1	27.6	26.8	26.07
2013	26.8	26.3	26.7	26.7	26	25.1	24.8	25.4	26.5	27.1	26.8	27	26.27
2014	26.6	25.9	25.7	25.5	26.3	25.9	25.7	25.9	26.5	26	27.2	27	26.18

2015	26.2	26.3	25.9	25.4	25.6	25.3	25.6	26.8	27.9	27.7	28.2	26.9	26.48
2016	29.2	26.4	26.5	26.3	26	25.4	25.7	26.5	26.8	27.4	28.3	27.5	26.83
2017	26	26.5	25.9	26.3	26	25.4	25	26.7	26	27	27.3	27	26.26
2018	26	26.7	25.9	25.4	25.8	24.8	25.2	25.5	26.8	26.6	27.4	26.3	26.03
2019	25.7	26.1	26	26	26	25.7	25.2	25.5	26.1	25.7	26.2	26.6	25.9
2020	26.9	27	26.5	25.8	25.8	25.3	25.2	26.6	26.1	26.6	26.7	26.6	26.63

Tabla 20. Humedad Relativa promedio mensual

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL %													
AÑO	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1999	78	81	78	84	85	83	81	75	75	74	77	76	78.92
2000	74	77	79	83	81	78	79	76	75	76	68	74	76.67
2001	74	75	80	82	82	81	80	77	78	76	73	78	78
2002	69	75	77	82	81	77	82	76	71	73	74	72	75.75
2003	72	76	79	80	82	83	79	74	74	75	74	77	77.08
2004	70	72	77	75	77	80	78	75	76	73	73	72	74.83
2005	68	76	75	79	78	78	74	69	70	74	73	71	73.75
2006	73	76	77	78	72	78	75	74	71	75	78	76	75.25
2007	75	71	81	84	82	79	77	75	79	79	79	75	78
2008	75	78	81	79	78	77	77	73	76	78	79	70	76.75
2009	78	78	82	83	82	80	76	76	77	75	72	71	77.5
2010	70	77	81	85	81	81	79	71	73	73	78	75	77
2011	70	73	79	81	83	83	79	73	78	78	79	80	78
2012	75	77	83	85	81	84	83	78	78	80	78	79	80.08
2013	81	82	83	80	84	86	83	81	80	78	80	78	81.33
2014	80	84	85	87	84	83	81	79	77	81	77	76	81.17
2015	78	83	84	86	85	88	90	85	84	85	85	89	85.17

2016	82	91	91	91	91	90	89	87	85	85	82	83	87.25
2017	88	88	90	88	90	90	88	87	89	87	86	85	88
2018	87	86	90	91	91	90	88	87	85	88	80	85	87.33
2019	90	91	91	89	90	89	89	88	88	90	90	88	89.42
2020	88	89	91	83	83	83	81	86	91	90	91	88	89.25

Tabla 21. Precipitación total mensual

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)													
AÑO	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1999	213.4	163.4	194.9	69.8	220.1	70.5	49	49.3	43.9	52.7	168.5	119.4	117.91
2000	118.3	130.9	93.2	181.7	58	55.1	57.7	92.4	177	50.2	42.5	139.1	99.68
2001	81.6	112.9	131.6	357	142.7	47.3	140.6	66	96.8	122	71.3	221.2	132.58
2002	19.5	100.5	89.5	167.9	52.4	61.3	146.5	24	18.9	93.6	102.6	94.6	80.94
2003	169	167.1	177.7	131.2	106.2	99.7	36.7	41	70.2	155.4	97.7	200.6	121.04
2004	24.8	154.3	82.9	64.8	137.6	89.3	84.5	104.4	76.4	99.8	119.6	169.4	100.65
2005	56.2	153.1	145.7	185.5	44.8	118.9	35.2	15.9	77	150.5	228.4	21.9	102.76
2006	151.6	145.7	107.9	151.3	59.7	53.3	144.1	14.8	41.4	144.5	193	84.6	107.66
2007	121.5	34.4	278.9	119.3	138.7	21.8	91.5	104.2	106	104.9	211.8	50.1	115.26
2008	96.8	192.8	155.6	100.7	81.6	103.2	19	40.5	103.4	83.5	85.5	49.7	92.69
2009	154.5	158.8	168.5	244.4	117.1	128.5	53.6	95.7	132.5	99.3	108	101.4	130.19
2010	71.7	156.2	113.7	254.7	103.7	64.7	17.9	70.2	43.9	100.5	207.5	116.2	110.08
2011	84.4	53.3	270.7	135.2	125.1	179.2	93.3	27.1	68	90.4	183.2	164.8	122.89
2012	193.7	125.1	175.3	298.4	125.1	87.1	59.1	14.3	95.5	137.3	59.3	223.3	132.79
2013	140.8	144.3	168	77.9	112.3	99.7	49.7	128.4	105.3	65.2	217.6	85	116.18
2014	154.7	134.2	296.6	128.9	145.1	50.4	81.1	51.8	82.7	196.8	102.2	85.5	125.83
2015	141.6	204.8	116.6	271.3	145.7	72.2	43.9	71.5	26.6	116.8	144.2	227.6	131.9

2016	62.4	197.7	192.5	79.3	182.6	114.9	50.7	23.7	77.8	78.2	68.7	106	102.88
2017	239.5	170.7	292.5	158.6	107.5	134.2	47.1	82	171.8	43.6	129.7	156.2	144.45
2018	130.3	151.7	251.2	233.4	92.5	71	71.5	51.4	123.2	137.3	78.1	144.5	128.01
2019	278.8	279.5	92.1	122.2	106.7	37.9	139.6	56.8	136.3	208.8	202	160.7	151.78
2020	289.5	113.6	81	168.3	114.5	83.8	72.0	56	91.1	150.9	154	70.2	125.79

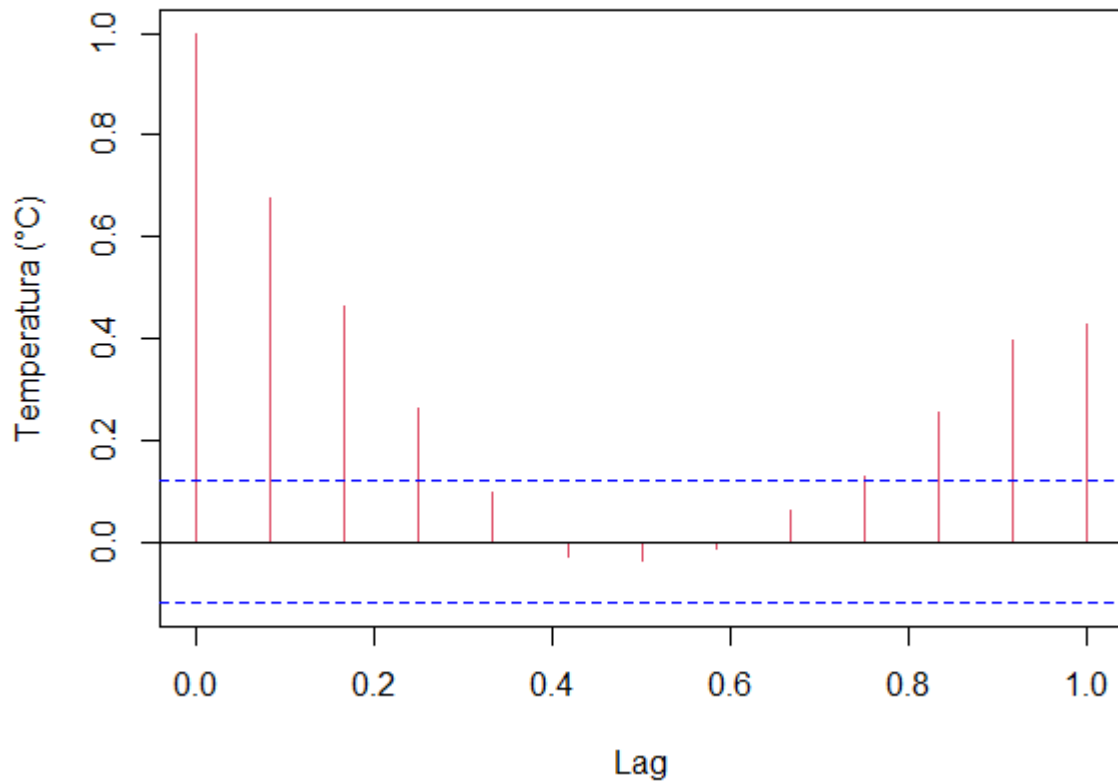


Figura 48. Correlograma de temperatura máxima promedio en °C mensual

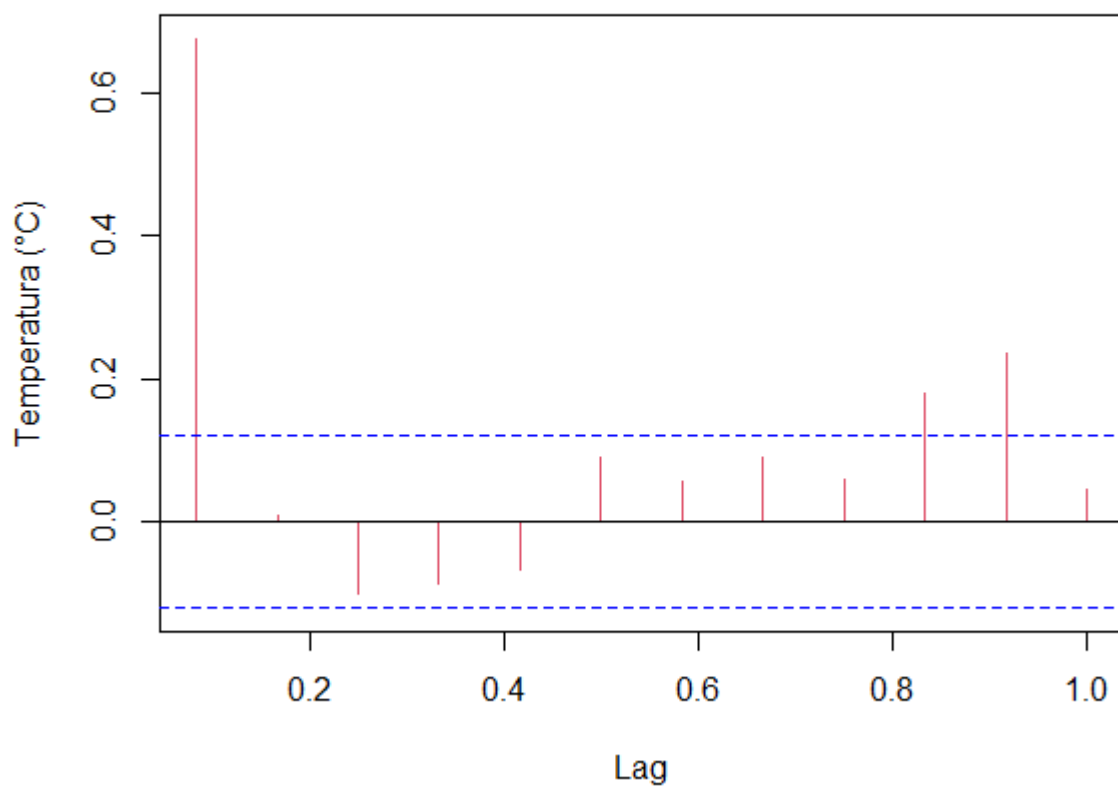


Figura 49. Correlograma parcial de temperatura máxima promedio en °C mensual

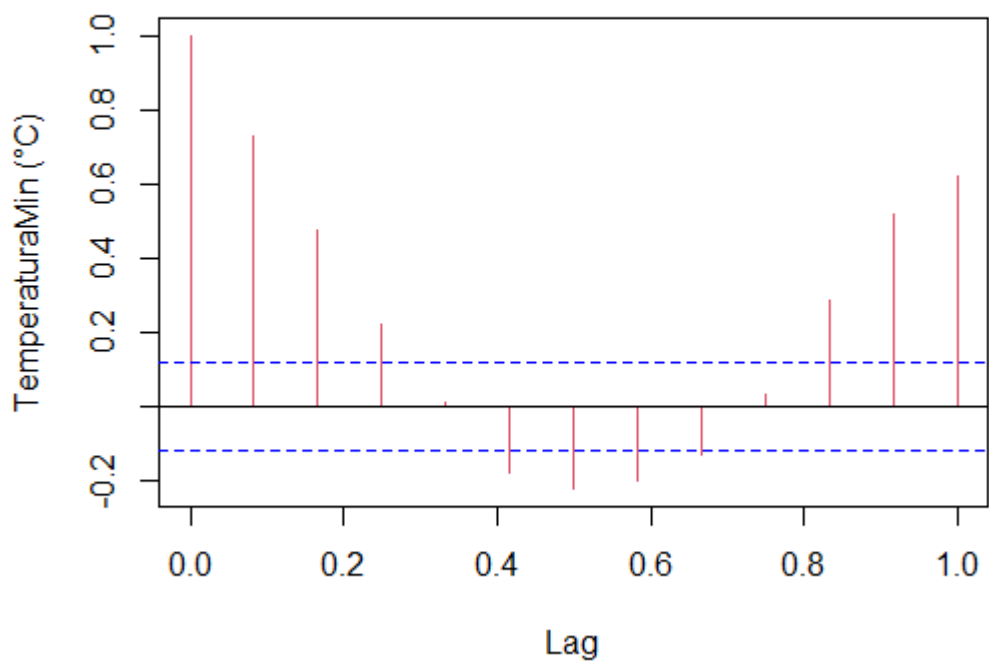


Figura 50. Correlograma de temperatura mínima promedio en °C mensual

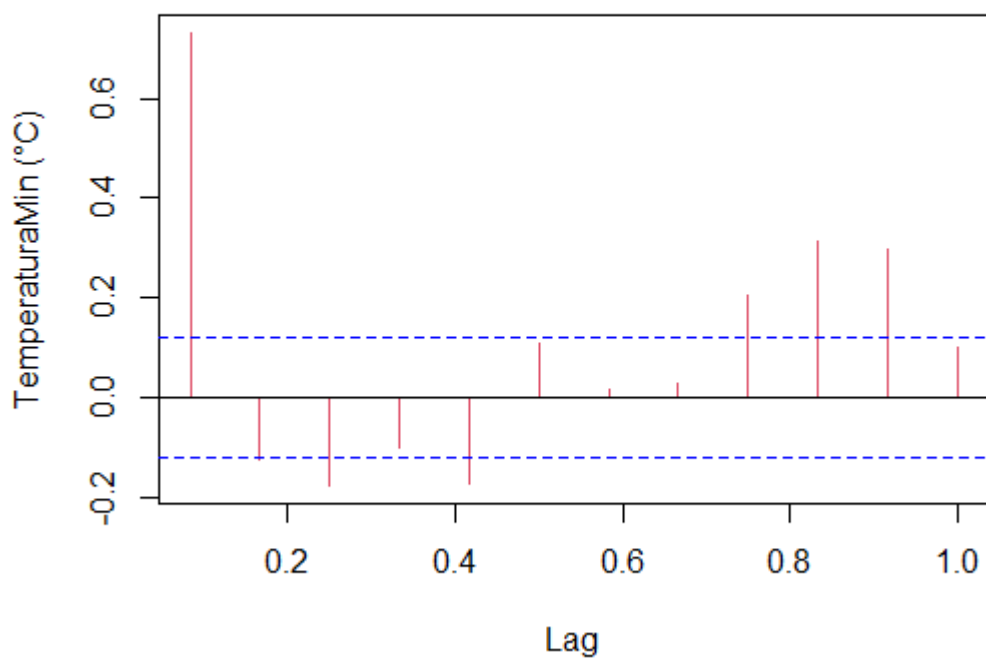


Figura 51. Correlograma parcial de temperatura mínima promedio en °C mensual

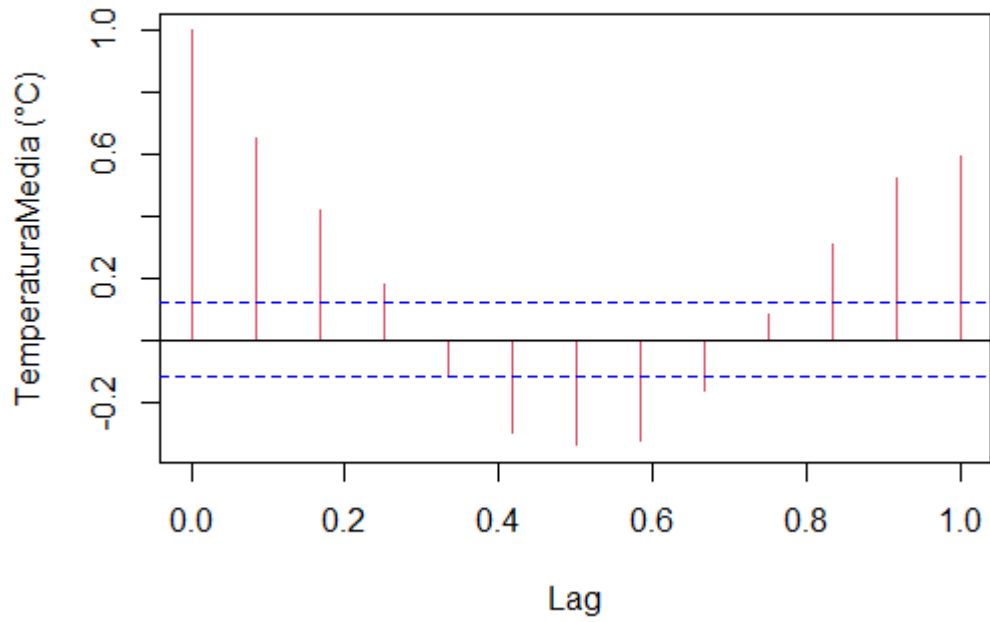


Figura 52. Correlograma de temperatura media.

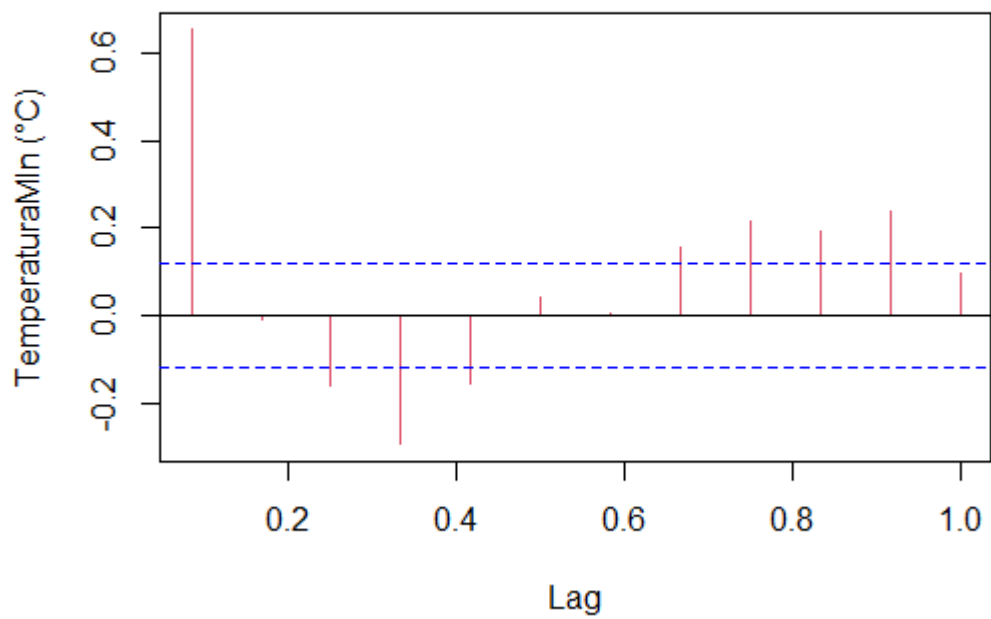


Figura 53. Correlograma parcial de temperatura media.

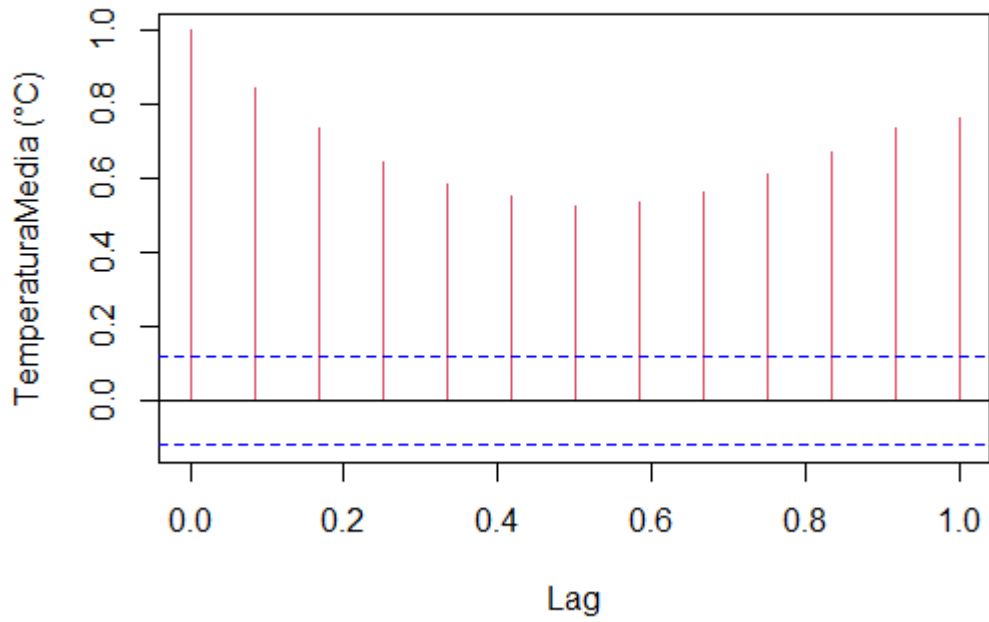


Figura 54. Correlograma de humedad Relativa promedio (%).

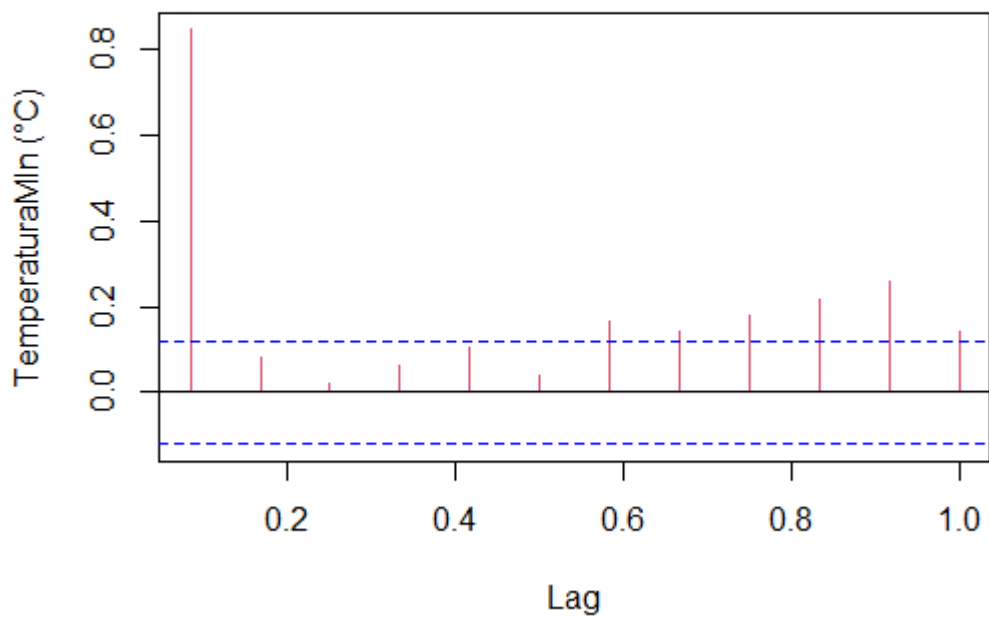


Figura 55. Correlograma parcial de humedad Relativa promedio (%).

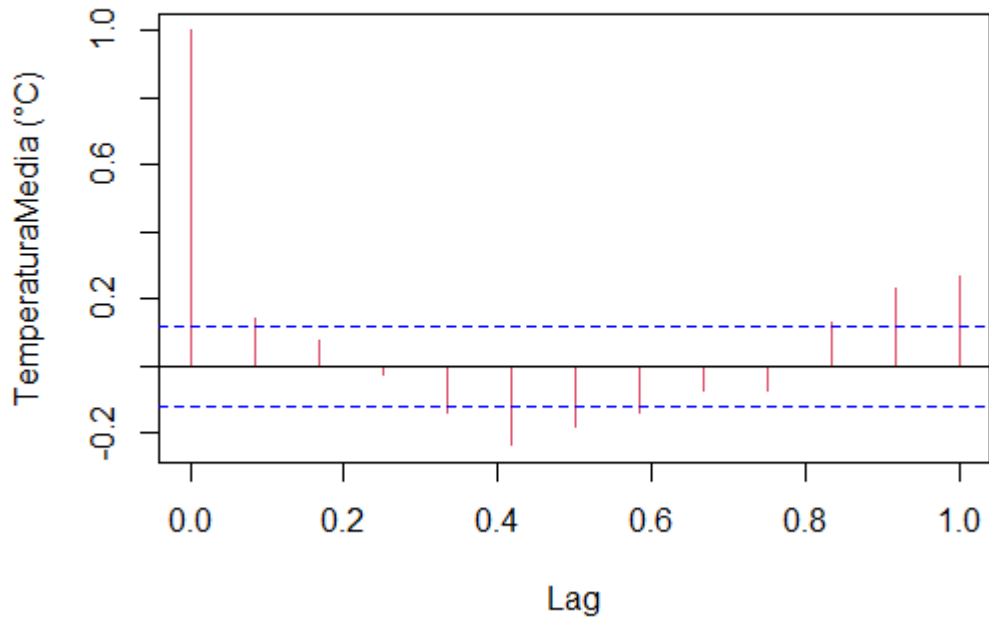


Figura 56. Correlograma de precipitación total mensual (mm)

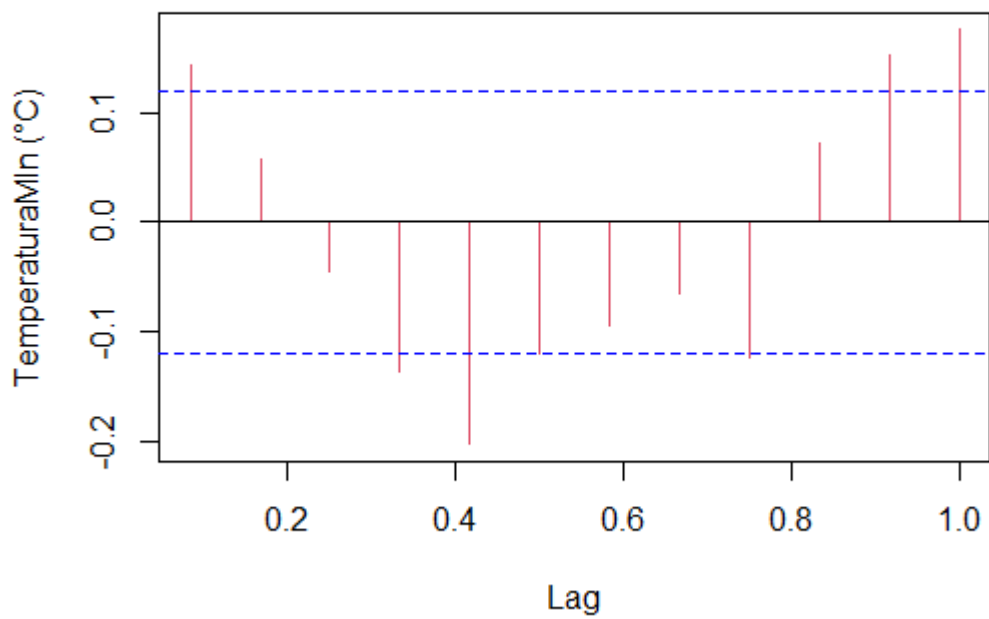


Figura 57. Correlograma parcial de precipitación total mensual (mm).