

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS PARA
EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA
EN LA REGIÓN DE TUMBES**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero agrícola

Presentado por:

Bach. Henry Fernando More Medrano

TUMBES, PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS PARA
EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA
EN LA REGIÓN DE TUMBES**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Presidente).....

Dr. Francisco Alburquerque Viera (Secretario).....

Dr. Carlos Manuel Sabino Escobar (Vocal).....

TUMBES, PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS PARA
EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA
EN LA REGIÓN DE TUMBES**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma.**

Autor: Bach. Henry Fernando More Medrano

Asesor: Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini

Co-Asesor: Dr. Eber Gines Tafur

TUMBES, PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico la Tesis, en primer lugar, a Dios, en quien mantengo la base de mi Fe, a mis Padres los pilares fundamentales de mi vida, a mi hermano principal motivo de mi día a día, a mi familia por su apoyo en todas las etapas de mi vida.

A mis asesores, por su apoyo durante la ejecución de la tesis, y amigos que desinteresadamente me acompañaron en este proceso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA



.....
CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"
SECRETARIA ACADÉMICA
TUMBES - PERU

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, a los Diez.....día (s) del mes de ENERO..... de dos mil veintidós, se reunieron de manera virtual, los integrantes del jurado designados, según Resolución N° 021-2021/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (31-03-2021) y Resolución N° 037-2021/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (24-06-2021) donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: **Análisis comparativo entre métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la región de Tumbes, para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Cuyo Asesor de la mencionada tesis es el Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini.**

Se deja constancia que el Dr. Carlos Manuel Sabino Escobar vocal miembro del jurado, no asistió al acto de sustentación.

A las Dieciocho..... horas con..... CINCO..... minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon APROBADO..... por MAYORÍA SIMPLE con el calificativo de SOBRESALIENTE.....

Por lo tanto el Bachiller: **MORE MEDRANO HENRY FERNANDO**, queda apto para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, le expida el Título Profesional de INGENIERO AGRÍCOLA de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las Diecinueve horas con..... SEIS..... minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.

Dr. JOSE MODESTO CARRILLO SARANGO
DNI N° 00223850
Presidente

Dr. FRANCISCO ALBURQUEQUE VIERA
DNI N° 03605124
Secretario

Dr. CARLOS MANUEL SABINO ESCOBAR
DNI N°
Vocal

ÍNDICE

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	14
1. INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO II	15
2. ESTADO DEL ARTE.....	15
2.1. ANTECEDENTES.....	15
2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	18
2.2.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN	18
2.2.2. EVAPORACIÓN.....	18
2.2.3. TRANSPIRACIÓN.....	18
2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	19
2.4. CONCEPTOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN	19
2.4.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET _o)	19
2.4.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR (ET _c).....	20
2.4.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO BAJO CONDICIONES NO ESTANDAR (ET _{c aj})	20
2.5. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA.....	21
2.5.1. MÉTODOS DIRECTOS.....	22
2.5.1.1. Método del lisímetro	22
2.5.1.2. Método del Tanque de Evaporación	22
2.5.1.3. Evapotranspirómetro de Thornthwaite	23
2.5.1.4. Atmómetro de Livingstone.....	24
2.5.1.5. Muestreo de Humedad.....	25

2.5.2. MÉTODOS INDIRECTOS	26
2.5.2.1. Método FAO Penman – Monteith.....	26
2.5.2.2. Método de Thornthwaite.....	27
2.5.2.3. Método de Hargreaves en base a Temperatura.....	28
2.5.2.3. Método de Hargreaves Simplificado	29
2.5.2.4. Método de Blaney-Criddle.....	29
2.5.2.5. Método de Ivanov.....	30
2.5.2.6. Método de Papadakis.....	31
2.5.2.7. Método de Linacre	31
2.5.2.8. Método de Holdridge	32
2.6. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	33
2.6.1. FORMATO DE LA INFORMACIÓN.....	33
2.6.2. MODELOS DE INTERPOLACIÓN	34
CAPÍTULO III	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1. MATERIALES Y EQUIPOS	36
3.1.1. MATERIALES E INSUMOS	36
3.1.2. EQUIPOS.....	36
3.1.3. SOFTWARES	36
3.2. UBICACIÓN	36
3.2.1. UBICACIÓN POLÍTICA	36
3.2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	37
3.3. METODOLOGÍA.....	37
3.3.1. RECOPIACIÓN DE DATOS.....	37
3.3.2. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN..	39
3.3.3. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN CON DATOS DE LA ESTACIÓN TUMPIS	44

3.3.4.	COMPARACIÓN DE MÉTODOS Y SELECCIÓN DE MODELO.....	44
3.3.5.	ANÁLISIS ESPACIAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	47
CAPÍTULO IV	48
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	RESULTADOS	48
4.1.1.	Análisis Estadístico de la Información.....	48
a)	Análisis descriptivo Numérico	48
b)	Análisis gráfico	49
c)	Análisis de Tendencia	51
4.1.2.	Determinación de la ETo con datos climáticos de la Estación Tumpis	52
4.1.3.	Desempeño de los métodos.....	54
4.1.4.	Determinación de la ETo con datos climáticos de las estaciones SENAMHI.....	56
4.2.	DISCUSIÓN.....	57
4.2.1.	Aplicación de los métodos empíricos para Estación Tumpis.....	57
4.2.2.	Análisis y comparación de métodos.....	58
4.2.2.	Aplicación del Método de Linacre para las Estaciones SENAMHI.....	58
4.3.	REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA ETo	59
5.	CONCLUSIONES	72
6.	RECOMENDACIONES.....	73
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
8.	ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de la Evapotranspiración.....	18
Figura 2: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o), bajo condiciones estándar (ET _c) y bajo condiciones no estándar (ET _{c aj})	21
Figura 3: Clasificación de Lisímetros.....	22
Figura 4: Casos de localización del tanque de evaporación y sus alrededores	23
Figura 5:Evapotranspirómetro de Thornthwaite	24
Figura 6: Atmómetro de Livingstone.....	24
Figura 7: Vecindad de IDW del punto seleccionado [Modelo IDW].	34
Figura 8: Cálculo de la diferencia cuadrada entre las ubicaciones asociadas	35
Figura 9: Ubicación Política del área en estudio.....	37
Figura N° 10: Flujograma para el tratamiento de información hidrometeorológica. Fuente: Lutz Scholz. (1980).	39
Figura 11: Ubicación del método Kriging en la Interfaz de Arcgis	50
Figura 12: Serie Temporal de Temperatura Máxima y Mínima mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020	50
Figura 13: Serie Temporal de Insolación mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020.....	50
Figura 14: Serie Temporal de Humedad Relativa mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020	51
Figura 15: Serie Temporal de Velocidad del Viento mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020	51
Figura 16: Variación de la Evapotranspiración promedio en mm/día obtenida con los datos de la Estación Tumpis.....	52
Figura 17: Variación de la Evapotranspiración promedio en mm/mes con los datos de la Estación Tumpis	53
Figura 18: Determinación del coeficiente R ² con los métodos en estudio y el método FAO - PM	55
Figura 19: Variación mensual de la Evapotranspiración de Referencia, obtenida con el método de linacre, con los datos de las estaciones SENAMHI.	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Métodos para estimar la Evapotranspiración.....	26
Cuadro 2: Tipos de Kriging y sus propiedades.....	35
Cuadro 3: Indicadores Estadísticos para evaluar los métodos de estimación de Eto.....	45
Cuadro 4: Criterios de para interpretar el desempeño de los métodos mediante el índice de confiabilidad (c).....	46
Cuadro 5: Análisis Descriptivo Numérico - Estación Tumpis.....	48
Cuadro 6: Evapotranspiración promedio en mm/día – Estación Tumpis.....	52
Cuadro 7: Evapotranspiración promedio en mm/mes – Estación Tumpis.....	53
Cuadro 8: Desempeño de los métodos empíricos en estudio.....	54
Cuadro 9: Evapotranspiración mensual obtenida con el Método de Linacre, para las estaciones SENAMHI.....	56

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación de las Estaciones Metereológicas.....	38
Mapa 2: Distribución espacial de la Eto – Mes de Enero.....	60
Mapa 3: Distribución espacial de la Eto – Mes de Febrero.....	61
Mapa 4: Distribución espacial de la Eto – Mes de Marzo.....	62
Mapa 5: Distribución espacial de la Eto – Mes de Abril.....	63
Mapa 6: Distribución espacial de la Eto – Mes de Mayo.....	64
Mapa 7: Distribución espacial de la Eto – Mes de Junio.....	65
Mapa 8: Distribución espacial de la Eto – Mes de Julio.....	66
Mapa 9: Distribución espacial de la Eto – Mes de Agosto.....	67
Mapa 10: Distribución espacial de la Eto – Mes de Septiembre.....	68
Mapa 11: Distribución espacial de la Eto – Mes de Octubre.....	69
Mapa 12: Distribución espacial de la Eto – Mes de Noviembre.....	70
Mapa 13: Distribución espacial de la Eto – Mes de Diciembre.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Coeficientes Kp para el tanque clase A	78
ANEXO 2: Factor de corrección “f” por duración media de horas de sol, expresada en unidades de 30 días, con 12 horas de sol cada una	78
ANEXO 3: Factor de Evapotranspiración Potencial “MF”, en mm/mes	79
ANEXO 4: Radiación extraterrestre “Ra”, expresada en mm/día	79
ANEXO 5: Factor de ajuste función de la humedad relativa, horas de sol efectivas y velocidad del viento	80
ANEXO 6: Tensión de vapor de saturación e°, (mb) o (hPa), en función de la Temperatura.....	80
ANEXO 7: Series Temporales registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020	81
ANEXO 8: Histogramas de las variables meteorológicas registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020.....	82
ANEXO 9: Gráfico de Cajas de las variables meteorológicas registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020	82
ANEXO 10: Análisis de Tendencia en la media y varianza, de las variables meteorológicas registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 – 2020.	84
ANEXO 11: Determinación de la Evapotranspiración de Referencia en mm/día con métodos empíricos, para la Estación Tumpis.....	99
ANEXO 12: Determinación de la Evapotranspiración de Referencia en mm/mes con métodos empíricos, para la Estación Tumpis	102
ANEXO 13: Valores de Evapotranspiración de Referencia en mm/mes, según el Método de linacre aplicado a las Estaciones del SENAMH en estudio.	106
ANEXO 14: Promedio de Valores de Evapotranspiración de Referencia mensual, durante el periodo 2015-2020, en las Estaciones SENAMHI.....	105
ANEXO 15: Variables meteorológicas medidas en la Estación Tumpis	107
ANEXO 16: Descarga de Data meteorológica registrada en las Estaciones SENAMHI en estudio.	112
ANEXO 17: Descarga de Datos Vectoriales en formato Shapefile.....	113
ANEXO 18: Matriz de consistencia.....	115

RESUMEN

La evapotranspiración es un factor importante en el desarrollo de Proyectos Ambientales, hidráulicos e hidrológicos, que se relacionan con la gestión del recurso hídrico. Debido a tal importancia es necesario realizar una correcta estimación de este parámetro. En el año 1990, una reunión de expertos convocada por la FAO, acordó utilizar el método FAO Penman-Monteith, como modelo estándar para calcular la Evapotranspiración de referencia, aun así, requiere de información climática, que no siempre están al alcance, por lo que su aplicación se ve restringida. El objetivo de este trabajo es comparar los resultados obtenidos con 8 métodos empíricos simples, tomando como referencia el método estándar FAO Penman-Monteith, utilizando datos meteorológicos mensuales desde el año 2007 al 2020 de la Estación Tumpis. La evaluación del desempeño se realizó mediante los índices estadísticos: error cuadrático medio, error porcentual, coeficiente de correlación de Pearson, índice de concordancia y coeficiente de confiabilidad. Los resultados muestran que el método de Linacre obtiene un desempeño bueno, obteniendo el valor de confiabilidad más alto. Es por ello que se escoge este método para aplicarlo a 6 estaciones SENAMHI, que disponen de datos climáticos limitados del periodo 2015 - 2020, para realizar una interpolación y obtener la representación gráfica de la distribución mensual de la evapotranspiración de referencia en la región de Tumbes.

Palabras clave: Evapotranspiración, Métodos empíricos, FAO Penman-Monteith, Linacre.

ABSTRACT

Evapotranspiration is an important factor in the development of Environmental, Hydraulic and Hydrological Projects, which are related to the management of water resources. Due to such importance it is necessary to make a correct estimation of this parameter. In 1990, FAO organized a meeting of experts in which it was agreed to use the FAO Penman-Monteith method, as a standard model to calculate the reference Evapotranspiration, even so, it requires various meteorological data, which are not always available. so its application is restricted. The objective of this work is to compare the results obtained with 8 simple empirical methods, taking as a reference the FAO Penman-Monteith standard method, using monthly meteorological data from 2007 to 2020 from the Tumpis Station. The performance evaluation was carried out using the statistical indices: mean square error, percentage error, Pearson's correlation coefficient, concordance index and reliability coefficient. The results show that the Linacre method obtains a good performance, obtaining the highest reliability value. That is why this method is chosen to apply it to 6 SENAMHI stations, which have limited climatic data for the period 2015-2020, to perform an interpolation and obtain the graphic representation of the monthly distribution of the reference evapotranspiration in the Tumbes region.

Keywords: Evapotranspiration, Empirical Methods, FAO Penman-Monteith, Linacre.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, ante el crecimiento de las demandas resulta importante una adecuada gestión y manejo del recurso hídrico, Por lo tanto, se hace necesario cuantificar la cantidad de agua que requieren los cultivos para un uso responsable del líquido elemento, que es vital para la vida en el planeta.

Para calcular de las necesidades de agua de los cultivos, se requiere de una correcta estimación de la Evapotranspiración, el cual se define como un fenómeno combinado de la evaporación que ocurre desde el suelo y transpiración de las plantas, el cual se expresa usualmente en unidades de longitud (milímetros) por unidad de tiempo.

La Evapotranspiración por ser dependiente de las variables climáticas, ha hecho que se desarrollen ecuaciones empíricas para su estimación, las cuales usan datos obtenidos de las estaciones meteorológicas. La FAO en 1990, en una reunión de expertos, recomendó utilizar el método de Penman-Monteith como el nuevo estándar de referencia de la Evapotranspiración, por tener un mejor comportamiento en diversos climas.

“Existen trabajos en los cuales se aplican distintos métodos empíricos o de base física, con los cuales se simulan y comparan los resultados, evaluando la sensibilidad de cada uno a los cambios que se estiman para diferentes escenarios de cambio” (Sanchez Martinez & Carvacho Bart, 2011, p.174)

La finalidad de este trabajo de investigación es encontrar cuál método de los evaluados se aproxima al Método Penman-Monteith, usando los datos climáticos de la Estación Tumpis del periodo 2007-2020.

El método que tenga proximidad al método de Penman Monteith, será utilizado para determinar la Evapotranspiración de referencia mensual con los datos climáticos de las demás estaciones meteorológicas y mediante la interpolación en un Programa SIG, mostrar su distribución espacial a nivel de la Región de Tumbes durante el periodo 2015 -2020, lo cual facilitará el manejo y permitirá un mejor entendimiento de la información de modo gráfico.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. ANTECEDENTES

Las diversas metodologías para estimar la Evapotranspiración, implica el uso de datos climáticos registrados en las estaciones meteorológicas. La forma de corroborar estos métodos se realiza comparando sus resultados, con los obtenidos con un método estándar o métodos de campo; a continuación, se nombran estudios realizados correspondientes al tema en cuestión.

Allen, Pereira, Raes y Smith. (1998) en su publicación consideran como método de referencia a nivel mundial a la ecuación Penman-Monteith, pues demostró una mejor adaptación a la variedad de climas que se encuentran en las diferentes partes del mundo, y ha sido demostrado en estudios de años anteriores (Jensen, 1990). Aunque numerosas bibliografías indican que el mejor método para estimar la evapotranspiración es Penman-Monteith, varios autores han manifestado que otros métodos alternativos proporcionan mejores ajustes, para ciertas localidades. Así, por ejemplo, en Egipto, se compararon 15 metodologías distintas, (Shawky, & Sallam, 1993) concluyen que la metodología Turc muestra mejor correlación a las medidas del lisímetro.

González, Chávez, González, Dzul, Sánchez y Potisek. (2012) en su tesis: Comparación de métodos para determinar la evapotranspiración y oportunidad de riego en nogal pecanero; con el objetivo de impulsar la eficiencia y tecnificar la aplicación del agua de riego e incrementar así la rentabilidad y sostenibilidad del nogal pecanero, se encarga de determinar la evapotranspiración para este cultivo. Para ello evaluaron tres metodologías: Hargreaves-Samani, Doorembos-Pruit y Penman-Monteith, utilizando datos climáticos monitoreados en estaciones meteorológicas automatizadas en red. Los resultados, de esta investigación, indican que la ecuación Penman-Monteith muestra mejor ajuste con respecto a los resultados del método del tanque de evaporación tipo A, por lo tanto, se corrobora lo dicho por la FAO, en cuanto a que este método determina mejor la evapotranspiración.

Brixner, Schöffel y Tonieto. (2014) evalúan el rendimiento de los métodos para determinar la evapotranspiración de referencia, utilizando los datos de las estaciones meteorológicas de la red FEPAGRO e INMET, ubicadas en la región Campanha-RS. La Evapotranspiración se calculó por las ecuaciones de Penman-Monteith, Thornthwaite, Camargo, Makkink, Blaney-Criddle, Linacre, Jensen-Haise, Hargreaves-Samani, y Solar Radiation a escala mensual. Como resultado, se encontró que los métodos Thornthwaite y Camargo presentan un desempeño óptimo, y son, por lo tanto, metodologías recomendadas para la estimación de ETo en el Sistema de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) para la región.

Cherrez (2015) en su Tesis: Análisis comparativo en la aplicación de diversos métodos para el cálculo de la evapotranspiración en un mismo escenario en la provincia del Guayas, compara varios métodos teniendo como insumo la data climática de las estaciones climáticas ubicadas al interior y en las cercanías de la provincia. Los resultados muestran una diferencia de entre el 4% al 17% de los métodos Hargreaves y Thornthwaite respectivamente, tomando como referencia los valores de Penman Monteith.

Silva, Dias, Ferreira, Santos y Da cunha. (2018) en su tesis Realización de diferentes métodos para la estimación de la evapotranspiración de referencia en Jaíba, Brasil; evalúa el desempeño del método PM FAO con datos meteorológicos limitados y otros métodos como alternativas para estimar la evapotranspiración de referencia en el municipio de Jaíba, Brasil. En la evaluación de desempeño se utilizaron los coeficientes de Willmott, de confianza y la raíz del error cuadrático medio, en la que se concluyó que los más cercanos al método Penman-Monteith eran, en secuencia, Jensen-Haise, Priestley-Taylor y Hargreaves.

Ortiz, R. (2020) evalúa nueve métodos (FAO56, Tanque evaporímetro, Thornthwaite modificado, Hargreaves, Jensen-Haise, Makkink, Priestley-Taylor, Turc y FAO Radiación) a fin de estimar la evapotranspiración de referencia, tomando como referencia el Método FAO, mediante pruebas estadísticas concluye que el método FAO Radiación presentó un desempeño bueno; mientras que Hargreaves y Turc proporcionaron índices inferenciales muy pobres.

En Perú también se han realizado investigaciones de este tipo, dentro de las cuales se destacan las siguientes:

Lavado, Lhomme, Labat, Guyot y Boulet (2015) en la cuenca andina amazónica peruana con datos climáticos limitados compara diez métodos empíricos de evapotranspiración con el modelo estándar FAO 56 Penman Monteith, utilizando datos de las ocho estaciones localizadas en la cuenca amazónica Peruana.

La evaluación se basó en parámetros estadísticos como: el coeficiente de correlación, índice de concordancia, error cuadrático medio y el sesgo; siendo el método de Hargreaves Samani el que presentó estimaciones aceptables, por lo que se realizó un modelo modificado Hargreaves Samani con un coeficiente en función de la altitud.

Tello (2016), calculó la evapotranspiración potencial obtenida bajo cinco distintas fórmulas empíricas (Formulas de Hargreaves, de Penman, de Thornwaite, Linacre y Turc), las compara mediante la prueba de significancia de Duncan, teniendo como referencia al método del tanque evaporímetro; los resultados mostraron que Penman Monteith se aproximaba más al método patrón.

Huaccoto (2017), compara la evapotranspiración de referencia calculada con las ecuaciones empíricas de FAO 56 Penman Monteith, Oudin, Turc, Blaney y Criddle, Hargreaves Samani 1985, Thornthwaite y Wilm, , Jensen y Haise y el tanque de evaporación clase A, utilizando los siguientes parámetros de medida estadística: el coeficiente de determinación (R^2), coeficiente de correlación (r) y eficiencia de Nash y Sutcliffe (NSE). Se concluyó en la Investigación que el Método de Thornthwaite y Wilm resultó ser el más eficiente

A nivel de departamento, no se tienen estudios de este tipo, siendo esta investigación la primera que se aplica para la región de Tumbes; por lo tanto, sus resultados pueden diferir de las investigaciones anteriormente descritas, debido a que fueron realizadas en otras partes del mundo.

2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.2.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es un proceso donde ocurren dos fenómenos de forma simultánea; la evaporación del agua desde el suelo y transpiración del agua que está contenida en la planta.

2.2.2. EVAPORACIÓN

Es el fenómeno físico por el cual un líquido se convierte en vapor de agua y se remueve de la superficie por evaporación. Esto ocurre principalmente en superficies como: ríos, lagos, lagunas, suelos y vegetación húmeda debido principalmente a la energía que es suministrada por la radiación solar y la temperatura del aire, las cuales se toman en cuenta junto a la humedad relativa y velocidad del viento como parámetros que influyen en el proceso de evaporación.

2.2.3. TRANSPIRACIÓN

La transpiración es el fenómeno por el cual el agua vaporizada en estado líquido contenida en el tejido vegetal es removida hacia la atmósfera. La mayor parte del agua que entra a la planta, es expulsada en vapor de agua por las estomas, mientras que la parte restante de agua es utilizada.

La Figura 1 representa los componentes de la evapotranspiración:

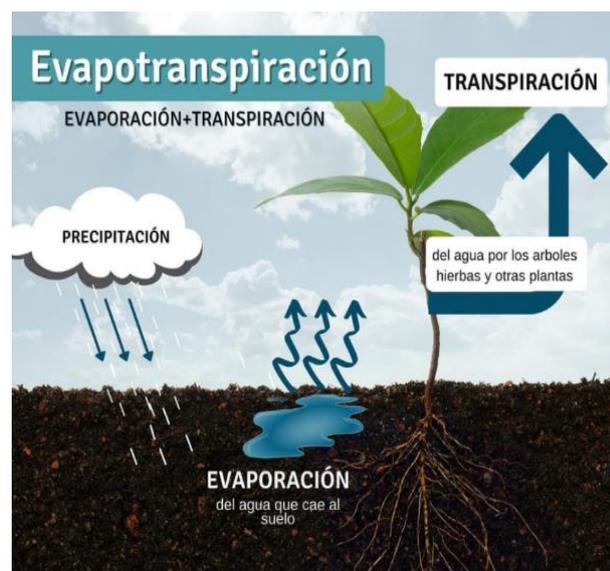


Figura 1: Componentes de la Evapotranspiración

2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

2.3.1. VARIABLES CLIMÁTICAS

“Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros” (Allen et al, 2006, p.5)

2.3.2. FACTORES DE CULTIVO

Se refiere al tipo y variedad de cultivo, se consideran las diferencias en resistencia a la transpiración, la rugosidad, el reflejo y altura de la planta que van cambiando en cada etapa del desarrollo, así también la cobertura del suelo y las características radicales del cultivo, pues, aunque diversos tipos de cultivos, se encuentren en condiciones ambientales similares, los valores de ET serán distintos debido a los factores antes nombrados (Allen et al, 2006, p.5)

2.3.3. MANEJO Y CONDICIONES AMBIENTALES

“Los factores como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros, ausencia de control de enfermedades, parásitos y mal manejo del suelo limitan el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración.” (Allen et al, 2006, p.5)

2.4. CONCEPTOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

Allen G. et al. (2006) y la FAO consideran tres tipos de definiciones respecto al término de evapotranspiración las cuales se presentan a continuación. (Allen G. et al., 2006)

2.4.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET_o)

“La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas.” (Allen et al, 2006, p.7)

Se decide utilizar el término Evapotranspiración de referencia para referirse a la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, la cual es afectada por el clima, sin considerar las características del cultivo, ni los factores del suelo. “No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición.” (Allen et al, 2006, p.7)

2.4.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO BAJO CONDICIONES

ESTÁNDAR (ET_c)

“Se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, se desarrolla en terrenos amplios, en condiciones de buena fertilización y agua, lo que permite alcanzar la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes” (Allen et al, 2006, p.7)

La relación ET_c/E_{T0} se puede determinar de forma experimental, para distintos cultivos y se expresa de la siguiente manera:

$$ET_c = E_{T0} \times K_c$$

Donde K_c es el coeficiente del cultivo, el cual considera al clima, evaporación del suelo, tipo y etapa de crecimiento del cultivo.

2.4.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO BAJO CONDICIONES

NO ESTANDAR (ET_{c aj})

Según Allen et al. (2006) “La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_{c aj}) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar.” (p.7). Esto quiere decir que la planta se encuentra expuesta a enfermedades, condiciones de salinidad y baja, por lo cual se incorpora un coeficiente de estrés hídrico K_s además del k_c, para determinarla.

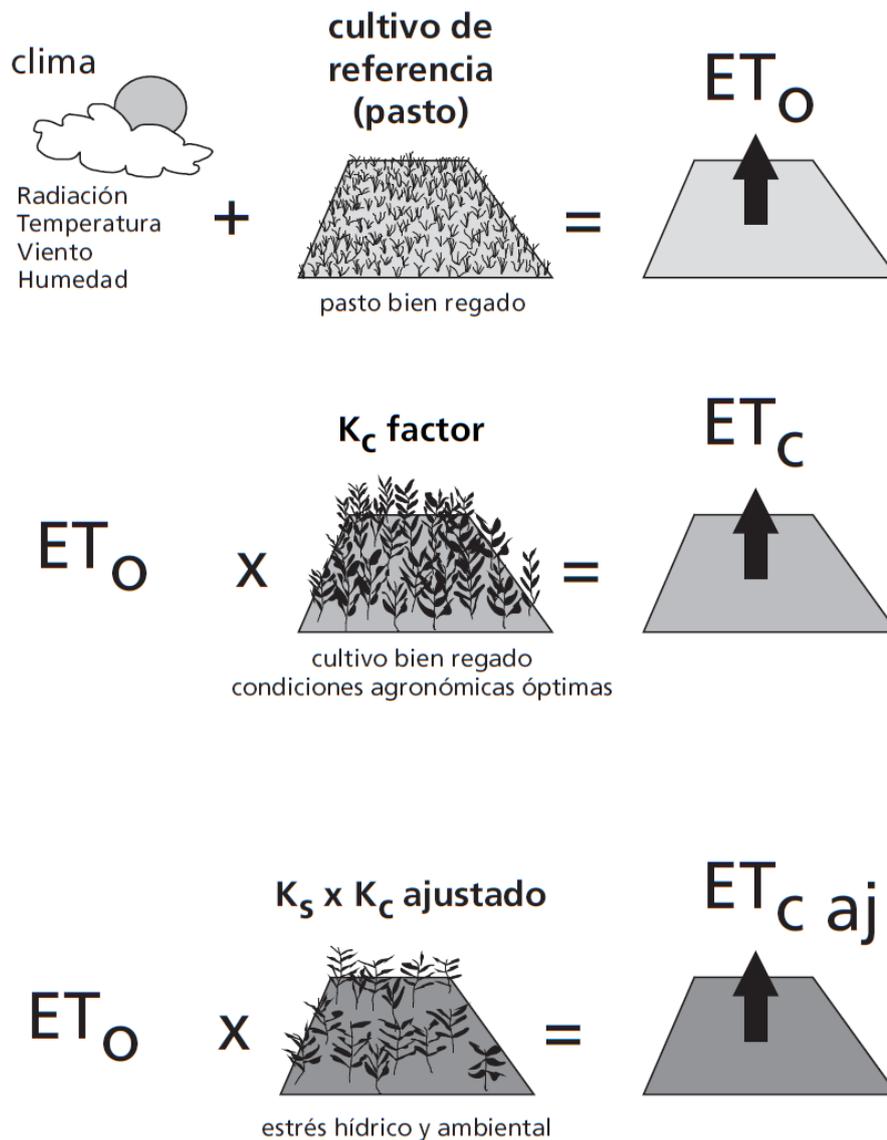


Figura 2: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), bajo condiciones estándar (ET_c) y bajo condiciones no estándar (ET_c aj)

2.5. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

La evapotranspiración es la cantidad de agua que proviene de la evaporación por parte de la superficie terrestre y de la transpiración de la planta. Se suele expresar en unidades de longitud (mm) por unidad de tiempo (día, mes, año)

Las metodologías pueden dividirse en dos grandes grupos, directos e indirectos. Siendo los directos, los que usan instrumentos e campo para su aplicación, mientras los indirectos se basan en ecuaciones empíricas.

2.5.1. MÉTODOS DIRECTOS

Los métodos directos o de campo, suelen ser costosos, exigiendo precisión en las mediciones, y un adecuado análisis, realizado por personal capacitado. Dentro de estos métodos tenemos los siguientes:

2.5.1.1. Método del lisímetro

Vásquez, A., Vásquez, I., y Vílchez, G. (2009) consideran al lisímetro como la metodología más confiable para medir la evapotranspiración de referencia, en un determinado tiempo.

Este método consiste en excavar el terreno para colocar un depósito, y posteriormente rellenarlo con el suelo a estudiar. Existe un tubo colector en el fondo el cual recoge las salidas de agua y las conduce a un depósito que se encuentra debajo para medir el agua. Se clasifica de tres formas:

- Lisímetro de Pesada: mide la variación de peso de un volumen de tierra.
- Lisímetro de drenaje sin succión: recolecta el agua del suelo que filtra naturalmente hacia abajo de los suelos.
- Lisímetro de drenaje con succión: Se succiona despacio para extraer el agua del suelo a través de un material poroso.



Figura 3: Clasificación de Lisímetros

2.5.1.2. Método del Tanque de Evaporación

Medina (2000) define al tanque de evaporación clase A, como un instrumento que mide la cantidad de agua que se evapora hacia la atmósfera, por la influencia de las variables climáticas como la temperatura, radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa.

La ecuación para estimar la evapotranspiración de referencia, utilizando este método es la siguiente:

$$ET_0 = K * EV$$

Donde:

ET_0 : Evapotranspiración de referencia (mm/mes).

k : Coeficiente de tanque. (ANEXO 1).

E : Evaporación de tanque (mm).

Coeficiente del tanque:

Allen et al. (1998) mencionan que los valores del coeficiente del tanque evaporímetro están en función del tipo y tamaño del tanque, además del estado de la zona tampón (borde).

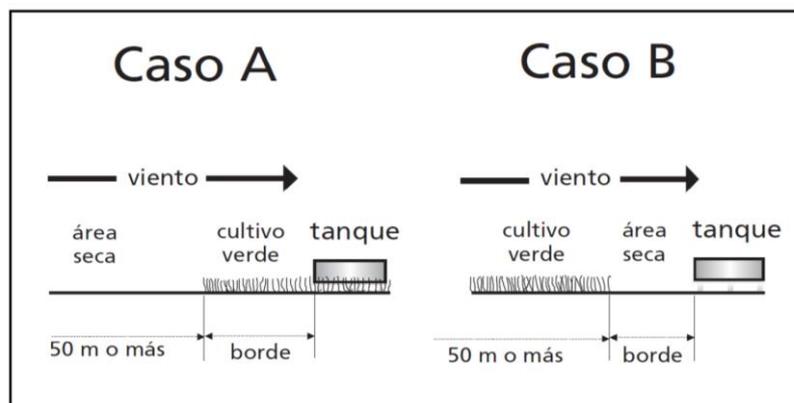


Figura 4: Casos de localización del tanque de evaporación y sus alrededores

2.5.1.3. Evapotranspirómetro de Thornthwaite

El evapotranspirómetro se utiliza para determinar de forma directa la evapotranspiración de los cultivos, sin embargo, suele ser costoso debido a que máximo se aplica a un solo cultivo.

Este sistema consta de un depósito de 3m de largo y 1,30 m de ancho con una profundidad de 0,90 m, por, el cual tiene un constante grado de humedad debido a que esta acoplado a un tanque regulador que se conecta a un tanque de alimentación donde se contabiliza el gasto de agua.

El tanque grande se llama evapotranspirador, y es aquí donde es sembrado el pasto como cubierta vegetal y en el fondo grava para drenar el exceso de agua hacia un tanque de excedentes. Enseguida se presenta la figura:

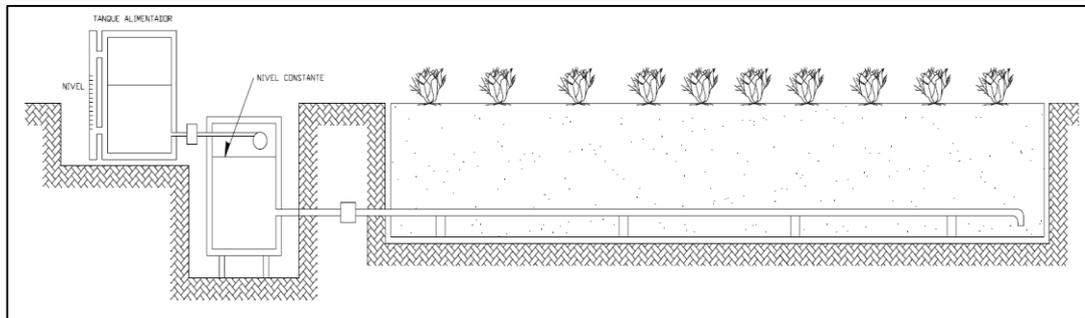


Figura 5: Evapotranspirómetro de Thornthwaite

La cantidad de agua que se consume (U_c) será igual a la diferencia entre el agua agregada en tanque alimentador (v_a) y la cantidad medida en el tanque de excedentes (v_e) y se suma la lluvia en caso ocurra (v_{ll}),

2.5.1.4. Atmómetro de Livingstone

El atmómetro, o llamado también evaporímetro de Bellani, es un aparato que consta de una esfera de cerámica con poros, que usualmente se pinta de negro o blanco. Esta cerámica tiene un vástago barnizado del mismo material el cual se introduce al interior de un depósito graduado que contiene agua.

La cantidad de agua evaporada se mide en el recipiente graduado, representado en una succión que ocurrió en este, debido a la evaporación en la superficie de la esfera, por la energía recibida.



Figura 6: Atmómetro de Livingstone

Cuando se usan dos atmómetros, uno negro y otro blanco habrá mejor correlación entre la lectura de estos y la evapotranspiración. La diferencia entre las lecturas multiplicadas por un coeficiente es el valor de la evapotranspiración

$$EV = C_m (L_n - L_b)$$

Donde:

EV= evapotranspiración, cm.

L_n= Longitud medida en cm el atmómetro negro.

L_b= Longitud medida en cm el atmómetro blanco.

C_m = Coeficiente medio, alrededor de 0.87, varia con el clima, la estación y la exposición.

2.5.1.5. Muestreo de Humedad

Esta metodología de campo se basa en tomar muestras de suelo donde se haya sembrado el cultivo de referencia, en intervalos de tiempos distintos (3 días como máximo) después del riego, a fin de encontrarlo con la máxima cantidad de agua disponible. Posteriormente se determina el contenido de humedad en laboratorio, la cual nos servirá para hallar la evapotranspiración de referencia, con la siguiente formula:

$$ET_o = \frac{(\theta_0 - \theta_1) \times Prof}{(t_1 - t_0) \times 100\%}$$

Dónde:

θ_0 : Contenido de humedad en el tiempo inicial, (Vol. %)

θ_1 : Contenido de humedad para tiempo final (Vol %)

Prof. : Profundidad de la raíz (mm)

t₀ : Tiempo inicial, (días)

t₁ : Tiempo final, (días)

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm/día)

2.5.2. MÉTODOS INDIRECTOS

Los métodos indirectos son ecuaciones propuestas por investigadores; los cuales han utilizado las variables meteorológicas como factores principales de la evapotranspiración. Guillermo (2019) dice que “los métodos indirectos son los más utilizados en los estudios geográficos y medioambientales. Generalmente la calibración de estos métodos se hace con mediciones realizadas con lisímetros o en parcelas experimentales” (p.20)

Cuadro 1: Métodos para estimar la Evapotranspiración

AÑO	AUTOR	FACTORES USADOS
1928	Hedke	Calor Disponible.
1942	Lwry Y Jhonson	Calor Efectivo.
1942	Blaney Y Morin	Temperatura.
1948	Thornthwaite	Temperatura y Latitud.
1950	Blaney Y Criddle	Temperatura y Porcentaje De Horas Luz.
1953	Turc	Temperatura y Radiación.
1956	Hargreaves	Temperatura.
1957	Makkink	Temperatura y Radiación.
1963	Jensen Y Haise	Radiación Solar.
1964	Grassi Y Christiansen	Temperatura, Radiación, Nubosidad.
1965	Brutsaert	Evaporación.
1966	Hargreaves	Temperatura, Altitud, Humedad Relativa, Viento, Horas Luz.
1970	Penman (Combinada)	Temperatura, Radiación y Viento.
1971	Hargreaves	Temperatura, Radiación, Humedad Relativa, Altitud, Velocidad Del Viento.
1972	Garcia y Lopez	Temperatura, Humedad Relativa.
1976	Norero A.	Evaporación y Precipitación.

Fuente: Adaptado por Chávez Fallas (1973)

Estas formulaciones se han realizado para determinadas regiones, bajo ciertas condiciones de clima. A continuación, se describen los métodos que han sido utilizados para la presente investigación

2.5.2.1. Método FAO Penman – Monteith

Según (Allen et al., 2006) La FAO en mayo de 1990 organizó un panel de expertos con el fin de evaluar los métodos de cálculo de evapotranspiración propuestos previamente, para actualizar los procedimientos y sugerir recomendaciones. El acuerdo de esta reunión fue reconocer a la ecuación Penman como única metodología estándar para determinar la evapotranspiración de referencia, pues demostró un mejor comportamiento y consistencia al determinar la ETo en diferentes climas y localidades.

Allen et al. (2006) afirmaron lo siguiente:

El método FAO Penman-Monteith fue desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial de 70 s m⁻¹ y un albedo de 0,23 y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. (p.24)

Para aplicar la ecuación se necesita datos de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar. La fórmula es la siguiente:

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)}$$

Donde:

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm/día)

R_n : Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m²día)

R_a : Radiación extraterrestre (mm/día)

G : Flujo del calor de suelo (MJ/m²día)

T : Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

U₂ : Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)

e_s : Presión de vapor de saturación (kPa)

e_a : Presión real de vapor (kPa)

e_s-e_a : Déficit de presión de vapor (kPa)

Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C)

γ : Constante psicrométrica (kPa/°C)

Para facilitar los cálculos la FAO, creo y puso a disposición el programa CROPWAT, el cual determina el requerimiento de agua y riego de los cultivos considerando los datos del suelo, clima y los cultivos.

2.5.2.2. Método de Thornthwaite

Thornthwaite (1948) desarrollo una ecuación para estimar la evapotranspiración y describe su importancia física-biológica para clasificación climática. El estudio fue realizado mediante lecturas de lisímetros y balances hídricos aplicado en pequeñas cuencas de los Estados Unidos.

Este método no resulta preciso en zonas áridas, pues no emplea radiación neta, la cual influye directamente en la evapotranspiración. Esta fórmula se usa para calcular la ETo mensual en mm y se expresa así:

$$ET_o = 16 * f \left(\frac{10 * T_m}{I} \right)^a$$

Donde:

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

Tm = temperatura media mensual, °C

I = índice de calor anual, sumatoria de las (i), el cual se calcula sumando los 12 valores de i:

$$I = \sum i$$

Se calcula un índice de calor mensual "i" (°C). a partir de la temperatura media mensual (t), de la siguiente manera:

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

a = parámetro que se calcula, en función de I según la expresión:

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

f = factor de corrección por duración media de horas de sol expresada en unidades de 30 días, con 12 horas de sol cada una. (ANEXO 2)

2.5.2.3. Método de Hargreaves en base a Temperatura

Esta ecuación utiliza como variable principal a la temperatura, la cual suele ser registrada en la mayoría de estaciones climáticas del planeta, pero también considera la ubicación y humedad relativa; es de fácil aplicación. La ecuación se presenta a continuación:

$$ET_o = MF * TMF * CH * CE$$

Dónde:

ETo = Evapotranspiración de Referencia (mm/mes)

MF = Factor mensual de latitud. (ANEXO 3)

TMF = Temperatura media mensual (°F), medida

CH = Factor de corrección para la humedad relativa

$$CH = (100 - HR)^{1/2} \times 0,166$$

HR = Humedad relativa media mensual (%), medida.

Si, HR > 64%, se utiliza la fórmula anterior, en caso HR 64%, CH = 1

CE = Factor de corrección para la altura o elevación del lugar

$$CE = 1 + 0.04 * \frac{E}{2000}$$

E = Altitud del lugar (msnm)

2.5.2.3. Método de Hargreaves Simplificado

Es recomendada por la FAO, pero como método alternativo ante la ausencia de datos meteorológicos que permitan usar otros métodos. En caso de estimaciones semanales y mensuales, se recomienda el uso de este método

Hargreaves y Samani (1985) proponen una fórmula simplificada, la cual requiere datos de temperatura y radiación extraterrestre.

$$ET_o = 0,0023 * Ra (T_m + 17,78) (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

En donde:

ET_o = Evapotranspiración de Referencia (mm/mes)

T_m = temperatura media mensual, °C

T_{max} = temperatura máxima promedio mensual, °C

T_{min} = Temperatura mínima promedio mensual, °C

Ra = Radiación Extraterrestre (mm/día). (ANEXO 4)

2.5.2.4. Método de Blaney-Criddle

Este método también se le conoce como FAO 24 Blaney – Criddle, se desarrolló con el fin de buscar una relación entre la temperatura, horas de sol y el agua consumida por la planta en la zona oeste de Estados Unidos y otros países.

La ecuación original fue realizada por Blaney y Morin en 1942, posteriormente se modificó por Blaney y Criddle en tres oportunidades 1945, 1950 y 1962. Finalmente, Doorenbos y Pruitt reformo la ecuación en 1977 la cual necesita de datos de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y brillo solar.

La ecuación se expresa de esta forma:

$$ET_o = CP (0.46 * T + 8.13)$$

Dónde:

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm/día)

T: Temperatura media diaria del mes °c.

P: Porcentaje medio diario de las horas luz diarias.

C = Factor de ajuste función de la humedad relativa, horas de sol efectivas y velocidad del viento. (ANEXO 5)

2.5.2.5. Método de Ivanov

Sanchez y Carvacho (2011) afirma que “este modelo fue propuesto por el investigador ruso Konstantin Evgenevich Ivanov en 1954. Está basado en la temperatura del aire y humedad relativa, siendo utilizado en Chile por Santibáñez (1979), Merlet (1986)” (p.176)

La ecuación se presenta a continuación:

$$E_{to} = 0,018 * (25 + T_m)^2 * (100 - HR)$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de Referencia, expresada en mm/día

T_m = temperatura media del aire, en °C

HR = humedad relativa del aire, en %

Chemin (2003), indica que obtuvo buenos resultados con este método en comparación con otros al ser aplicado con datos decadales en Uzbekistán.

2.5.2.6. Método de Papadakis

De acuerdo a Almorox, Hontoria y Benito (2008), este método el cual se representa en una ecuación, tuvo origen experimental y se basó en el déficit de saturación de vapor, el cual se define como: la diferencia entre la presión de saturación y la presión real de vapor del aire, que a su vez depende de la cuantificación de la temperatura y porcentaje de humedad relativa.

Debido a que el dato de humedad relativa no siempre está disponible, Papadakis (1961) propuso, finalmente, la siguiente expresión:

$$E_{to} = 5,624 * [e^{\circ}(T_{max}) - e^{\circ}(T_{min} - 2)]$$

E_{to} : evapotranspiración de Referencia, expresada en mm/mes

$e^{\circ}(T_{max})$: tensión de saturación de vapor para la temperatura media de las máximas del mes considerado en mb

$e^{\circ}(T_{min} - 2)$: tensión de saturación de vapor para la temperatura media de las máximas del mes considerado en mb

La tensión de vapor de saturación en mb ó hPa se puede calcular mediante la tabla adjunta en el ANEXO 6 o con la fórmula de Bossen:

$$e^{\circ} = 33,836 * [(0.00738 * T + 0,08072)^8 - 0.000019 * (1,8 * T + 48) + 0.001316$$

2.5.2.7. Método de Linacre

Linacre ha desarrollado una fórmula a partir de la de Penman, estimando los distintos términos de la misma ecuación por medio de correlaciones con parámetros termométricos. La fórmula se puede aplicar diversas estaciones climatológicas pues sus datos son usualmente disponibles.

$$E_{To} = \frac{[500 T_m / (100 - A)] + 15 (T - T_d)}{(80 - T)}$$

E_{To} = Evapotranspiración con un buen suministro de agua y un albedo de 0.25, en mm/día.

$T_m = T + 0.006h$ (o sea equivalente al nivel del mar)

h = Elevación sobre el nivel del mar, en metros

Td = Punto de rocío promedio, en °C

A = Latitud del lugar (expresados los minutos en décimas)

T = Temperatura media del aire, en °C

Cuando no se posee información sobre el punto de rocío, entonces el término (T - Td) se determina así:

$$(T - Td) = 0.0023h + 0.37T + 0.53R + 0.35R \text{ año} - 10.9$$

Donde:

R = Rango medio diario de temperatura

R año = diferencia entre las temperaturas medias del mes más cálido y el mes más frío.

2.5.2.8. Método de Holdridge

La ecuación de Holdridge no considera la vegetación como un factor predominante en la evapotranspiración, por lo que la denomina como evapotranspiración climática o equivalente al poder de la atmósfera.

En este sentido Holdridge, al igual que Thornthwaite, considera que la evapotranspiración es una función lineal de la Temperatura (Le Carpentier, 1975).

La ecuación se presenta a continuación:

$$E_{to} = \frac{CHO * T_m * N_{dm}}{N_d - \text{año}}$$

Donde:

E_{To} = evapotranspiración de Referencia (mm/día)

T_m = temperatura media del aire (°C)

N_{dm} = Número de días que tiene el mes.

N_{d-año} = Número de días que tiene el año

Holdridge (1959) considera CHO de 58,93 para estimaciones mensuales

2.6. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un Sistema de Información Geográfica es un conjunto de herramientas computarizadas, que se basa en una organización de datos georreferenciados equipos programas y personal capacitado que trabajan de forma conjunta para almacenar, realizar un análisis y despliegue de información espacial que se asocia a una base de datos (Chuvieco, 1996).

Un SIG es una plataforma que sirve para gestionar datos, analizarlos y obtener resultados cuyo propósito es resolver problemas concretos. Hoy en día es una de las tecnologías que integran diferentes disciplinas, abarcando un amplio rango de aplicaciones, dentro de estas al medio ambiente.

Arcgis es un sistema que permite la recopilación, organización, gestión, análisis, intercambio y difusión de la información geográfica. El sistema está disponible en cualquier lugar para ser utilizado por medio de navegadores web y dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y computadoras de escritorio. (Arcgis Resource Center, 2014).

2.6.1. FORMATO DE LA INFORMACIÓN

Existen dos tipos de formatos en los cuales se puede presentar la información geográfica.

- **Raster:**

Es aquel formato en el que la gráfica se representa en celdas, que reciben el nombre de pixel, el cual representa a una cierta área del terreno. Tiene una composición fácil de manejar, que contiene las coordenadas centrales de la superficie y el atributo de dicha superficie, que a través de un código identificador la asocia a una base de datos temática.

- **Vectorial:**

En este formato la base de datos gráfica, se conforma de vectores, los cuales establecen relaciones topológicas sin perder calidad, es así como un mapa es representado por objetos geométricos como puntos, líneas y polígonos, etc.

2.6.2. MODELOS DE INTERPOLACIÓN

La interpolación es un proceso que se realiza con el fin de generar una superficie con valores a partir de mediciones localizadas en puntos. Existen muchos tipos de interpolación, entre las que destacan: IDW, Spline, Vecino natural, Gandin, Cressman y varios tipos de Kriging (Muelas, 2019)

A continuación, se describen algunos de ellos:

- Método de interpolación IDW

El método IDW cuyas siglas en español significan: Ponderación de distancia inversa. Calcula los valores de las celdas usando los valores promedios de los puntos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca esté el punto del centro de la celda estimada, mayor será su influencia o peso en el proceso de cálculo del promedio. (Arcgis Resource Center, 2014).

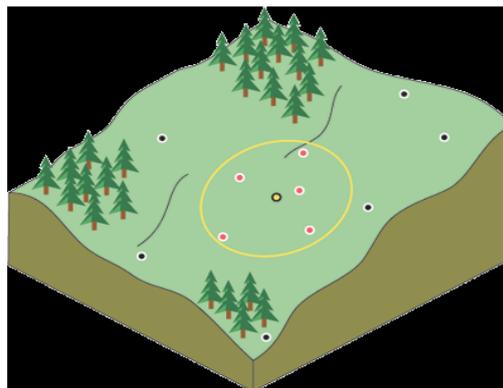


Figura 7: Vecindad de IDW del punto seleccionado [Modelo IDW]

- Método de interpolación Kriging

El Kriging es definido por Englund (1988) como:

“Un método de interpolación por medias ponderadas donde el conjunto de los pesos asignados a los puntos de muestreo minimiza la varianza de estimación, calculada en función de un modelo de variograma y de emplazamientos relativos de los puntos” (p.36).

La correlación espacial debe ser cuantificada, para poder usar la disposición espacial en las ponderaciones. Por tanto, el peso, i , depende de un modelo apropiado de los puntos medidos, de la distancia a la ubicación predicha y de las relaciones espaciales entre los valores medidos alrededor de aquella ubicación. (Arcgis Resource Center, 2014).

La Figura 8 representa la agrupación de un punto (punto rojo) con todas las demás ubicaciones (puntos negros). En el cuadro 2 se mencionan y detalla los tipos de Kriging.

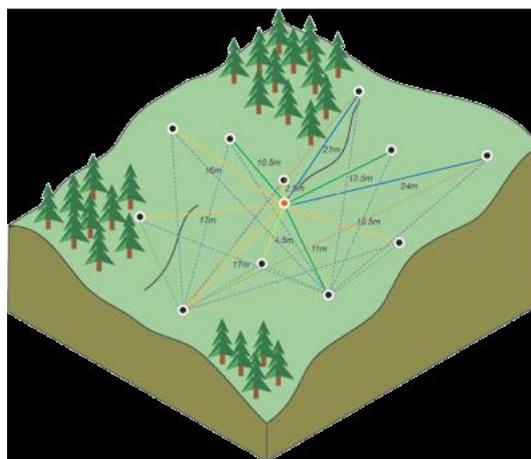


Figura 8: Cálculo de la diferencia cuadrada entre las ubicaciones asociadas [Modelo Kriging]

Cuadro 2: Tipos de Kriging y sus propiedades

TIPO DE PREDICTOR	NOMBRE	PROPIEDADES
LINEAL	Simple	Se asume que el medio es estacionario, donde es conocido.
	Ordinario	Asume estacionariedad del primer momento de todas las variables aleatorias, donde es desconocido.
	Universal	Supone un modelo de tendencia polinómica general, como modelo de tendencia lineal.
NO LINEAL	Indicador	Utiliza funciones del indicador en lugar del propio proceso, con el fin de estimar las probabilidades de transición
	Log Normal, Trans Gaussiano	Interpola datos positivos mediante logaritmos
	Disyuntivo	Es una generalización no lineal del Kriging

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1. MATERIALES E INSUMOS

- Registro de medición de las variables climáticas (*Ver Item 3.3.1*)
- Información Vectorial base, en formato shapefile.
 - _Superficie Agrícola Nacional (*Fuente: MIDAGRI*)
 - _Red Vial (*Fuente: MTC*)
 - _Centros poblados, hidrografía, departamento (*Fuente: GEO GPS PERÚ*)

3.1.2. EQUIPOS

- Laptop Dell (CORE i7).

3.1.3. SOFTWARES

- Arcgis 10.5
- Google Earth
- Excel versión 2016
- Word versión 2016

3.2. UBICACIÓN

3.2.1. UBICACIÓN POLÍTICA

La presente investigación se realizó en el Departamento de Tumbes, en el extremo norte del País limitando al oeste y norte con el Océano Pacífico, en el este con el Ecuador y al sur con el departamento de Piura y parte de territorio ecuatoriano, La capital del departamento es la ciudad de Tumbes con una altitud de 6 m.s.n.m. Tiene un área o superficie de 4,669 km² y está dividido en 3 provincias con 13 distritos.

3.2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Coordenadas Geográficas:

Latitud: 3°34.0164' S

Longitud: 80°27.0918' O

Coordenadas UTM:

Zona UTM: 17M

E: 560914.46783419

N: 9605722.7073019

Figura N° 9: Ubicación Política del área en estudio

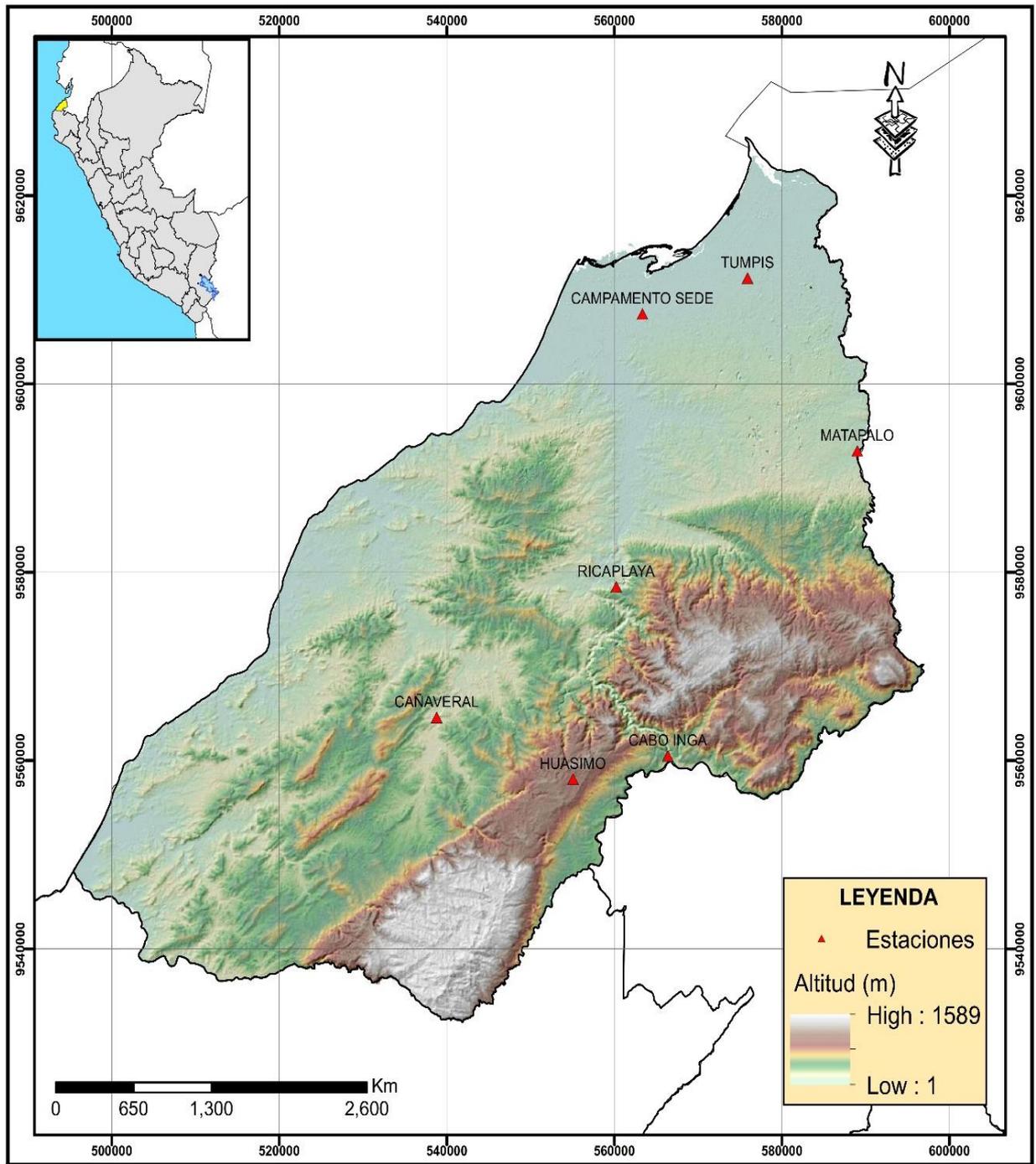


3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. RECOPIACIÓN DE DATOS

Se realizó una recopilación de datos de estaciones meteorológicas automáticas que monitorean la región, mediante la plataforma web de descarga de datos del SENAMHI, y una solicitud dirigida a al Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes, para obtener los datos de la Estación Tumpis. La ubicación de las estaciones se muestra a continuación:

Mapa 1: Ubicación de las Estaciones Meteorológicas



ESTACIÓN	INSTITUCIÓN	COORD ESTE	COORD NORTE	ALTITUD (m)	VARIABLES CLIMÁTICAS	PERIODO	OBSERVACIÓN
TUMPIS	PEBPT	575897.50	9611270.00	18	Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa, Horas de Sol, Presión Atmosférica, Evaporación, Velocidad y Dirección del Viento	2007-2020	Se aplicaran los metodos empiricos en estudio y se hara la comparación de los resultados obtenidos
CAMPAMENTO SEDE	SENAMHI	563348.80	9607466.70	17	Temperatura, Humedad Relativa, Velocidad y Dirección del Viento	2015-2020	Se aplicara el método seleccionado, y se interpolaran los resultados, para obtener la distribución espacial de la Evapotranspiración de Referencia
MATAPALO		589005.60	9592898.60	70			
RICAPLAYA		560234.80	9578486.90	113			
CAÑAVERAL		538794.00	9564601.60	133			
CABO INGA		566404.90	9560507.90	228			
HUASIMO		555069.20	9558054.30	607			

3.3.2. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN

Según Ortiz (1995), después de recopilar la información, esta debe ser analizada para corroborar su consistencia, finalmente es procesada y sintetizada para convertirla en un producto apto que pueda ser utilizado en el diseño.

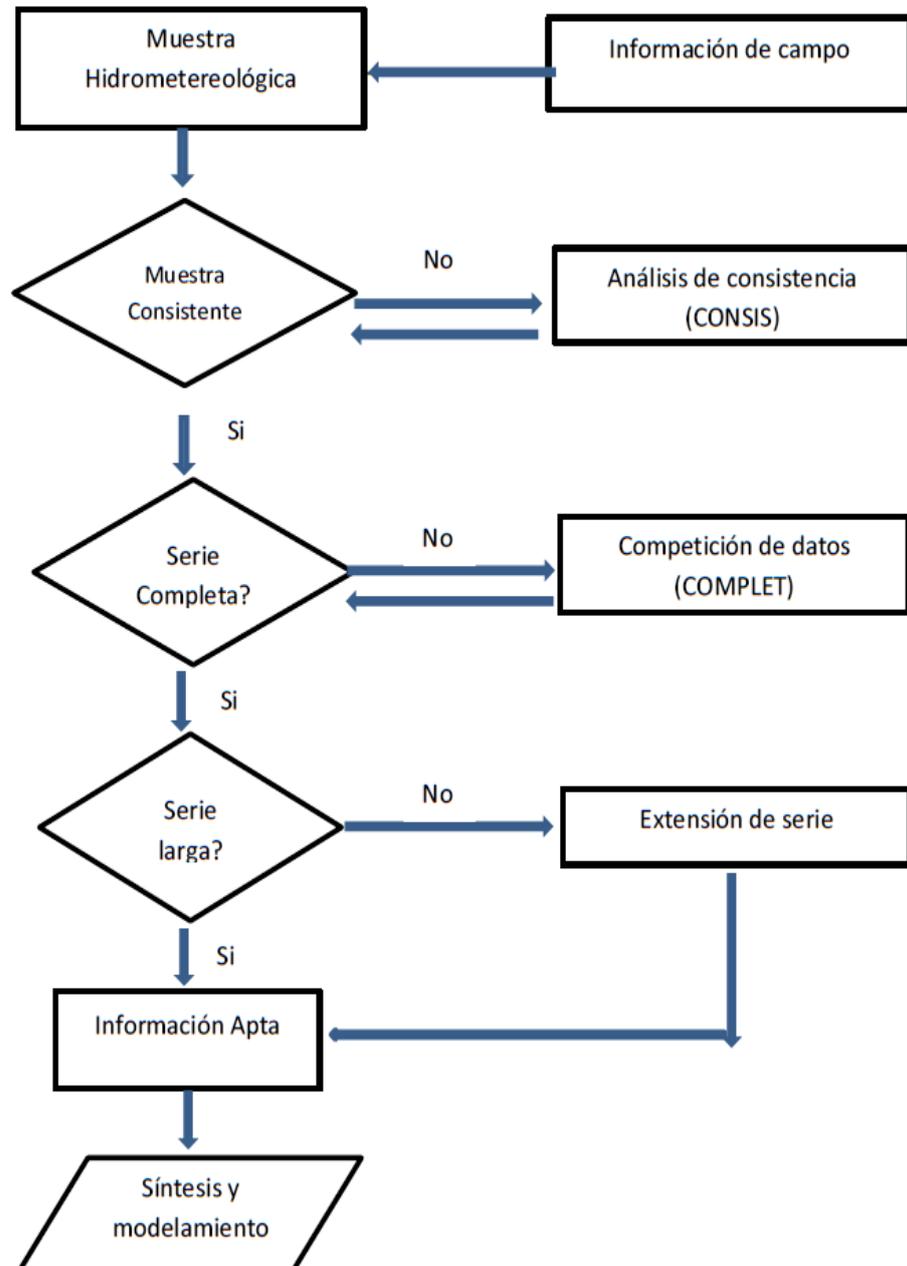


Figura 10: Flujograma para el tratamiento de información hidrometeorológica Fuente: Lutz Scholz. (1980).

El análisis estadístico de las series temporales, comprende el estudio de homogeneidad y consistencia, para corroborar la calidad de la información, adicionando un análisis exploratorio considerados en la actualidad como parte de la estadística descriptiva que forma parte de una nueva rama de la estadística (Vargas, 1995), con el cual se busca representar, describir y organizar los datos.

“Los métodos exploratorios consisten en un conjunto de técnicas estadísticas cuya finalidad es conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas” (Salvador & Gargallo, 2003, p.5):

Los análisis a realizar se describen a continuación:

- **Análisis descriptivo numérico**

Este análisis se basa en determinar los parámetros estadísticos básicos en las que se resumen las principales características de las series en evaluación, entre estos tenemos: media, mediana, desviación típica, varianza y el coeficiente de distribución de Kurtosis.

- **Análisis Visual Gráfico**

Este análisis se realiza con el fin de obtener gráficas como: diagramas de dispersión, histogramas y distribución normal, que permiten visualmente tener una idea e identificación del comportamiento de la serie de datos, sea como cambios en la tendencia, los cuales se pueden deberse a errores sistemáticos, de registro o presencia de fenómenos naturales que alteraron el comportamiento e cierto periodo.

- **Análisis de Tendencias**

Se llama tendencia al efecto prolongado que caracteriza a un registro histórico, a través del tiempo. Por ejemplo, un aumento de la temperatura en el mundo debido al calentamiento global, entonces se dice que la tendencia solo se manifiesta en un periodo de tiempo largo.

Tendencia en la Media

La tendencia en la media puede expresarse en forma general por el siguiente polinomio:

$$Tm_{p,t} = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots$$

Y en forma particular por la ecuación de regresión lineal simple:

$$Tm_{p,t} = A_m + B_m t$$

Donde:

$Tm_{p,T}$ = Proceso no estacionario, esto es, la información hidrometeoro lógica corregida por saltos.

t = Tiempo

p = 1, 2, 3, ..., = Número de años del registro

T = 1, 2, 3, ..., w = Período básico e igual a 365, 52 o 12, según que la serie sea diario, semanal o anual, respectivamente.

A_m, B_m, C_m, \dots = coeficientes de los polinomios de regresión, que deben ser estimados con los datos.

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal

$$A_m = \bar{T} - \bar{t}B_m$$

$$B_m = R \frac{S_{tm}}{S_t}$$

$$B_m = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \bar{T}_m}{S_t \cdot S_{tm}}$$

Donde:

$$B_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{mi}$$

$$S_{tm} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (T_{mi} - \bar{T}_m)^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$S_t = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

\overline{Tm} = promedio de las tendencias Tm , o promedio de los datos corregidos de saltos $X'(t)$.

\bar{t} = promedio del tiempo t .

S_{tm} = desviación estándar de la tendencia de la media Tm

S_t = desviación estándar del tiempo.

b) Evaluación de la tendencia Tm

_Cálculo del estadístico t según:

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

Donde:

t_c = valor del estadístico t calculado.

n = número de datos

R = coeficiente de correlación

_Cálculo de t tabular

Se obtiene de la tabla t de student, considerando 95% de probabilidad o con un nivel de significación del 5% es decir:

$$GL = n - 2, \quad \alpha = 0.05$$

_Según las siguientes condiciones se plantea la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada:

$|T_c| \leq T_t(\alpha = 95\%)$ Aceptar HP (prueba no significativa)

$|T_c| > T_t(\alpha = 95\%)$ Aceptar HA (prueba significativa)

Cuando se da el primer caso, entonces la muestra es consistente (no presenta saltos ni tendencias); en cambio en el segundo caso, la tendencia es significativa por lo tanto debe eliminarse.

c) Eliminación de la Tendencia en la Media

Para eliminar la tendencia en la media se utiliza la siguiente ecuación:

$$y_{p,\tau} = x_{p,\tau} - Tm_{p,\tau}$$

Donde:

$y_{p,t}$ = Serie sin tendencia en la media

$x_{p,t}$ = Serie de datos analizados

$Tm_{p,t}$ = Tendencias en la media

Tendencia en la Varianza

La tendencia en la variancia suele ocurrir en datos semanales o mensuales, pero no en los anuales. Esta tendencia, puede ser aproximada por la ecuación polinómica siguiente:

$$TS_{p,\tau} = A_s + B_s + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots$$

Donde:

$TS_{p,t}$ = Tendencia en la variancia

$\tau = 1, 2, \dots, n$

n = Longitud del registro en años

$A_s, B_s, C_s \dots$ = coeficientes del polinomio de regresión y se estiman a partir de los datos de la muestra.

Eliminación de la tendencia en la variancia

Si la prueba de T de tendencia en la variancia es significativa, entonces se procede a eliminarla por medio de la siguiente ecuación:

$$z_{p,\tau} = \frac{y_{p,\tau}}{TS_{p,\tau}} + \overline{TS}_{p,\tau}$$
$$z_{p,\tau} = \frac{x_{p,\tau} - Tm_{p,\tau}}{TS_{p,\tau}} + \overline{TS}_{p,\tau}$$

Donde:

$\overline{TS}_{p,t}$ = Serie sin tendencia en la variancia

$Tm_{p,t}, TS_{p,t}$ = Son valores constantes para cada intervalo "w" considerado.

Dentro del periodo "w", los valores son periódicos.

3.3.3. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN CON DATOS DE LA ESTACIÓN TUMPIS

Existen distintos métodos empíricos para calcular la evapotranspiración de referencia, de los cuales el FAO 56 P-M es el único método reconocido como estándar para estimar la ETo a partir de datos meteorológicos (Allen et al., 2006), los métodos a evaluar en la presente tesis son:

- Método FAO Penman – Monteith
- Método de Thornthwaite
- Método de Hargreaves en base a temperatura
- Método de Hargreaves simplificado
- Método de Blaney-Criddle
- Método de Ivanov
- Método de Papadakis
- Método de Linacre
- Método de Holdridge

Después de haber analizado las series estadísticamente y comprobado su calidad, se procedió a calcular la evapotranspiración de referencia a escala mensual, de acuerdo a las metodologías escogidas.

3.3.4. COMPARACIÓN DE MÉTODOS Y SELECCIÓN DE MODELO

Para evaluar el desempeño de los métodos en comparación con uno referencial se tomaron en cuenta los siguientes índices estadísticos:

- La raíz del error cuadrático medio (RSME),
- El error porcentual estimado (PE),
- El índice de concordancia (d) (Willmott, 1982).

Para la validación de los métodos, se utilizó el coeficiente de correlación (r) y el índice de confianza (c), de acuerdo con la metodología propuesta por Camargo y Sentelhas (1997).

Cuadro 3: Indicadores Estadísticos para evaluar los métodos de estimación de ETO

Indicadores estadísticos	Ecuación ¹	Valor óptimo
Raíz del error cuadrático medio (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}}$	0
Error porcentual (PE)	$PE = \left \frac{P - O}{O} \right * 100$	0
Índice de concordancia (d)	$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i + O_i - O)^2} \right]$	1
Coefficiente de correlación (r)	$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O)(P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}}$	1
Índice de confianza (c)	$c = r \cdot d$	1

¹Variables: Donde: P_i es el valor estimado; P es la media de los valores estimados; O_i es el valor observado; y O es la media de los valores observados.

Fuente: Willmott. (1982).

Índices Estadísticos de Evaluación:

- El error cuadrático medio (RMSE) mide el error que existe entre dos conjuntos de datos. RMSE es la desviación estándar de los residuales y es un indicador de la fiabilidad de la predicción.
- El error porcentual (PE) es la manifestación de un error relativo en términos porcentuales. En otras palabras, permite conocer la diferencia que existe entre el valor estimado y el valor real.
- Índice de concordancia (d), determina la precisión de los resultados proporcionados por el modelo empleado para predecir un valor observado, se considera que el modelo tiene una mayor precisión, cuando el índice de concordancia tiende a ser uno. (Willmott, Robeson & Matura, 2012).
- El coeficiente de correlación de Pearson (r) es un parámetro estadístico que tiene por finalidad hallar la relación entre dos variables en un nivel por intervalos o de razón, en la que r mide el grado de asociación lineal entre dos variables X e Y. Esta prueba no evalúa causalidad, por lo tanto, no considera a una como independiente y a otra como dependiente.
- Coeficiente de confiabilidad o índice de confianza (C), determina la precisión de los resultados se halla, multiplicando el coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación.

Los criterios de interpretación propuestos por Camargo y Sentelhas (1997), se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro 4: Criterios de para interpretar el desempeño de los métodos mediante el índice de confiabilidad (c)

Método	Desempeño
> 0,85	Óptimo
0,76 a 0,85	Muy bueno
0,66 a 0,75	Bueno
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Tolerable
0,41 a 0,50	Malo
≤ 0,40	Pésimo

Rev. Investig. Altoandín. 2019; Vol 21 Nro 3 215 - 224

Él método que muestre en sus resultados, un mejor desempeño, será el elegido para poder estimar la evapotranspiración con los datos climáticos de las demás estaciones meteorológicas, con el fin de generar mapas temáticos que muestren la distribución espacial de la evapotranspiración, mediante interpolación en el programa Arcgis.

También se realizó la gráfica de regresión lineal simple, en la que el mejor ajuste al modelo se mide por la pendiente de la línea de regresión, cuando el coeficiente de determinación es cercano a la unidad y la intersección es cercana a cero. (Vásquez, Ventura & Acosta, 2011).

Esta gráfica es útil como un complemento en el análisis visual, pues se observa la correlación entre los métodos empleados con el método Penman Montheit, expresado en un coeficiente r^2 , donde un valor cercano a la unidad se interpreta como un mejor ajuste entre las dos muestras. El coeficiente r^2 al ser también un test estadístico debe mostrar resultados similares a lo de los índices estadísticos.

3.3.5. ANÁLISIS ESPACIAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Una vez elegido el método de estimación que más se aproxima al Método Fao Penman - Monteith, y los cálculos respectivos de ETo, se procedió a representar de manera gráfica, en formato ráster la distribución espacial de la Evapotranspiración de Referencia en la región de Tumbes.

Para el proceso de interpolación se utilizó una plataforma SIG (Sistemas de Información Geográfica) denominada: ARCGIS.

En la elaboración de los mapas se utilizó como insumo shapefiles correspondientes al límite departamental, centros poblados, vías y red hidrográfica principal, mientras que para la interpolación se usó los valores de ETo promedio para cada mes del periodo 2015 – 2020 (ANEXO 15).

- ✓ Datum: WGS84 y la
- ✓ Zona: 17 sur
- ✓ Escala de representación: 1/250 000

Para fines de este Proyecto se utilizará la Interpolación Kriging, el cual ha demostrado ser más eficiente que el IDW en estudios de variables climáticas, como lo corroboran algunos autores (Pereira & Oliva, 2010); (Villatoro, Henríquez, & Sancho, 2008)

Dentro de la Interfaz de Arcgis, en la barra de herramientas se encuentra el Arctoolbox, dentro de esta barra se ubica la caja de herramientas del Spatial Analysis Tool, en la cual existe la herramienta Interpolation, con los métodos que usa el programa, para este estudio se utilizó Kriging, ver Figura 11.

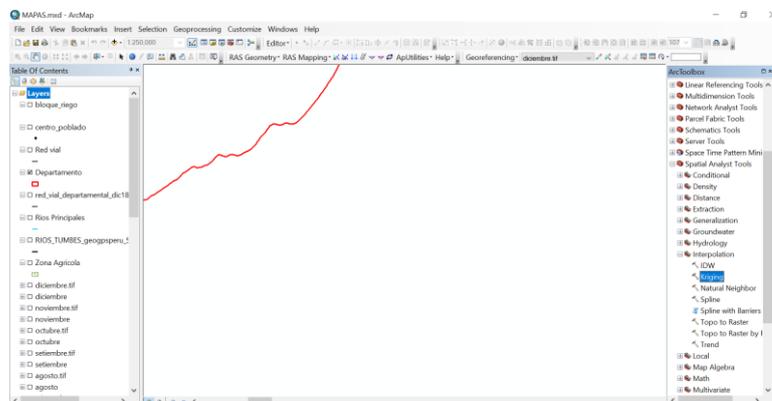


Figura 11: Ubicación del método kriging en la Interfaz de Arcgis

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis Estadístico de la Información

a) Análisis descriptivo Numérico

A continuación, en el cuadro N°5 se muestra las características estadísticas principales de las variables climáticas, de la Estación Tumpis

Cuadro 5: Análisis Descriptivo Numérico - Estación Tumpis

PARAMETROS ESTADÍSTICOS	Temp Max (°C)	Temp Min (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Insolación (Hrs)
Media	29,46	22,23	84,74	4,32	4,32
Error típico	0,15	0,11	0,32	0,10	0,10
Mediana	29,80	22,40	84,00	4,38	4,38
Moda	26,50	23,90	82,00	5,07	5,07
Desviación estándar	1,95	1,39	4,15	1,34	1,34
Varianza de la muestra	3,82	1,92	17,20	1,79	1,79
Curtosis	-1,38	-1,08	-0,32	-0,21	-0,21
Coefficiente de asimetría	-0,23	-0,18	0,47	-0,13	-0,13
Rango	6,70	5,70	18,00	6,90	6,90
Mínimo	25,80	19,10	76,00	0,50	0,50
Máximo	32,50	24,80	94,00	7,40	7,40
Suma	4948,50	3734,80	14235,89	725,86	725,86
Cuenta	168,00	168,00	168,00	168,00	168,00
Nivel de confianza(95.0%)	0,30	0,21	0,63	0,20	0,20

Para la estación Tumpis, se utilizó información correspondiente al periodo 2007-2020, a escala mensual, en la cual se obtiene que la temperatura máxima registrada fue de 32.5 °C y la mínima de 19.1 °C, lo cual es evidencia que Tumbes tiene un clima cálido.

La humedad relativa promedio es de 85%, y la insolación de 4 horas, pues es característica del clima de Tumbes ser húmedo tropical.

b) Análisis gráfico

Se realizó el análisis gráfico de cada una de las variables meteorológicas de la estación Tumpis, a continuación, se describe las gráficas utilizadas:

- Serie Temporal

Los gráficos de serie temporal permiten visualizar tendencias de valores numéricos a lo largo del tiempo para así conocer el comportamiento mensual multianual (2007-2020) en caso de la estación tumpis y (2015-2020), para las estaciones del SENAMHI; se mostró un comportamiento lineal, lo cual indica que la serie de datos no presenta saltos ni tendencias o alteraciones en el registro, comprobándose así la calidad de los datos para ser usadas en los cálculos requeridos. (ANEXO 7)

- Histogramas

Se realizó la representación gráfica de una variable en forma de barras, dividido en 10 grupos, que indican la frecuencia de un dato. Un histograma nos permite ver cómo se distribuyen los valores de la variable en estudio, dentro del cual se hará un ajuste a la distribución normal, mediante el modelo de BOWMAN-SHELTON, creando un gráfico de forma acampanada y simétrico respecto a la variable. (ANEXO 8)

- Diagrama de Cajas

Es una forma de examinar rápidamente uno o más conjuntos de datos numéricos en los cuales se aprecia visualmente sus cuartiles, también se observan sus valores mínimos y máximos, mediana y valores atípicos, para cada una de las variables climáticas medidas en la estación meteorológica Tumpis. (ANEXO 9)

De esa manera se identifica mediante la gráfica los valores extremos, por ejemplo, la temperatura máxima muestra valores entre los 25.8°C y 32.5 °C, mientras que la temperatura mínima está entre 24,8 °C y 19,1 °C.

A continuación, se muestran la variación mensual de las variables meteorológicas medidas en la Estación Tumpis desde el año 2007 al 2020, las cuales serán usadas para los cálculos de evapotranspiración

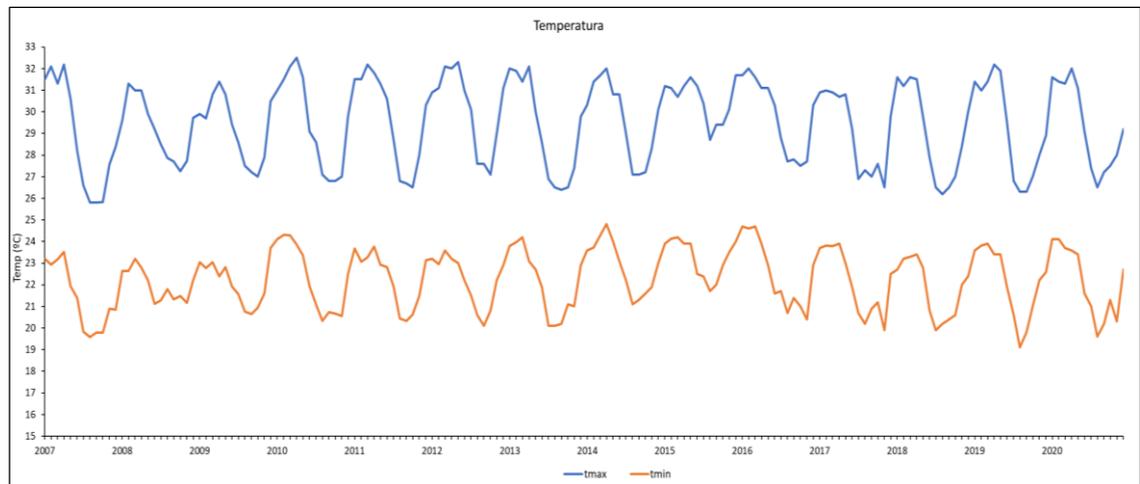


Figura 12: Serie Temporal de Temperatura Máxima y Mínima mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020

La gráfica muestra una correlación entre la temperatura máxima y mínima. La temperatura usualmente varía de 20 °C a 32 °C y pocas veces baja a menos de 20°C, siendo los meses de verano los más calurosos, por ende, con más temperatura que está bordeando los 30°C y los meses de invierno con una temperatura promedio de 20°C

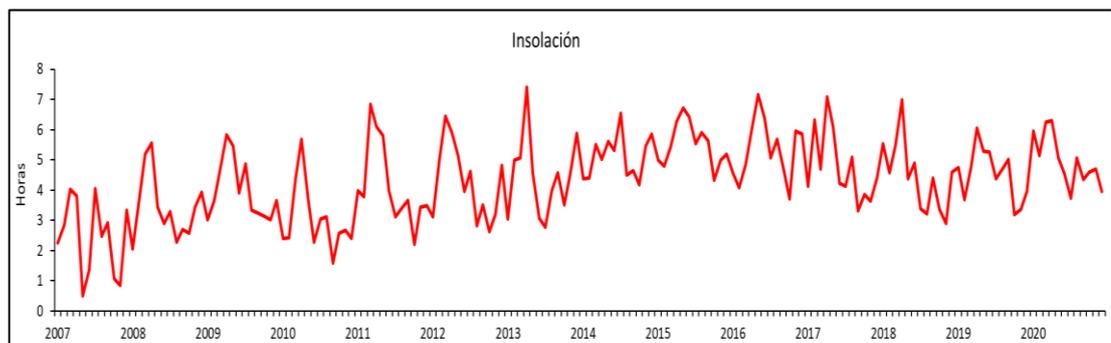


Figura 13: Serie Temporal de Insolación mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020

Se puede Observar en la gráfica que la mayor cantidad de horas en cada año, se presenta en los meses de marzo y abril.

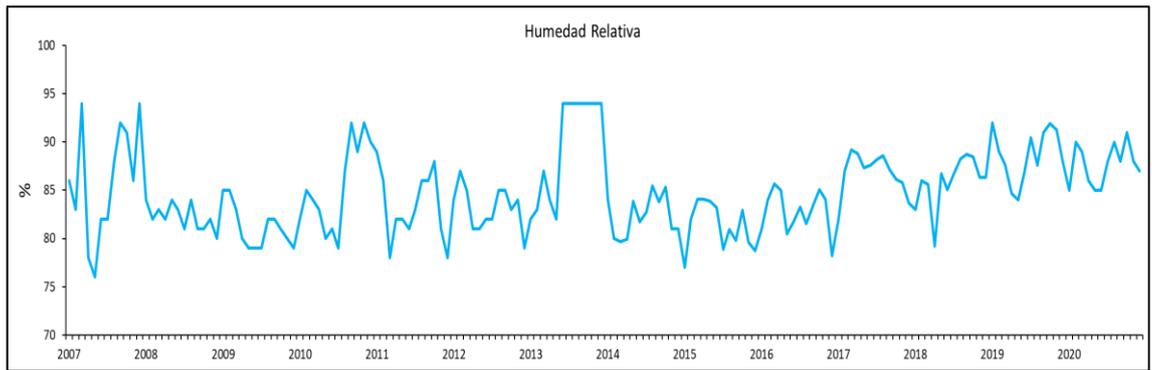


Figura 14: Serie Temporal de Humedad Relativa mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020

La humedad relativa varia mensualmente entre el 75% y 95%, siendo el promedio anual 85% los meses más húmedos corresponden de junio a octubre.



Figura 15: Serie Temporal de Velocidad del Viento mensual, registrada en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020

La velocidad promedio del viento por hora muestra variaciones entre 1 y 3 m/s en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año es de julio a noviembre con una velocidad mayor a los 3 m/s. El tiempo más calmado del año dura 4 meses, desde febrero a mayo.

c) Análisis de Tendencia

Se realizó un análisis de tendencia en la media y la varianza para las variables climáticas medidas en la Estación Tumpis (ANEXO 10)

4.1.2. Determinación de la ETo con datos climáticos de la Estación Tumpis
 Mediante los procedimientos descritos en la sección 3.3 se estimó la ETo con los promedios mensuales de las variables meteorológicas de la Estación Tumpis. (ANEXO 11 y 12)

En los cuadros 6 y 7 se puede visualizar el promedio mensual multianual en mm/día y mm/mes respectivamente.

Cuadro 6: Evapotranspiración promedio en mm/día, periodo (2007 – 2020) Estación Tumpis

MÉTODO	Meses											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
FAO Penman-Monteith	3,61	3,69	3,94	4,08	3,56	3,12	3,06	3,02	3,14	3,03	3,20	3,51
Thornthwaite	4,99	5,08	5,20	5,20	4,77	4,06	3,48	3,07	3,14	3,27	3,58	4,49
Hargreaves Temp.	3,97	3,97	4,04	3,91	3,49	3,04	2,96	2,98	3,19	3,30	3,51	3,74
Hargreaves Simp.	4,38	4,55	4,52	4,47	4,05	3,70	3,50	3,54	3,69	3,70	3,86	4,17
Blaney-Cridde	5,71	5,73	5,75	5,63	5,55	5,39	5,25	5,15	5,16	5,31	5,38	5,59
Ivanov	2,55	2,64	2,36	2,88	2,75	2,51	2,28	1,90	1,92	1,83	2,18	2,46
Papadakis	3,52	3,96	3,63	3,94	3,62	3,41	2,90	2,64	2,70	2,52	2,86	3,25
Linacre	3,62	3,69	3,71	3,72	3,46	3,11	2,76	2,59	2,60	2,63	2,95	3,40
Holdridge	4,41	4,39	4,46	4,46	4,36	4,16	3,98	3,84	3,86	3,89	3,98	4,25

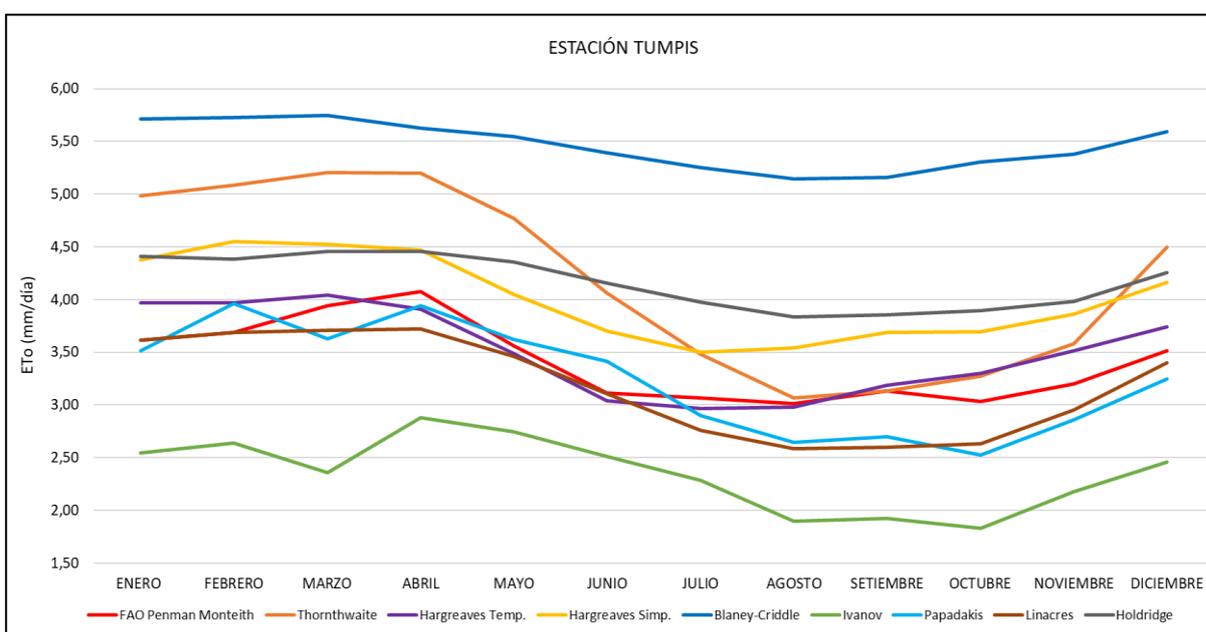


Figura 16: Variación de la ETo promedio en mm/día obtenida con los datos de la Estación Tumpis, periodo (2007 – 2020)

Cuadro Nº 7: Evapotranspiración promedio en mm/mes, periodo (2007 – 2020) Estación Tumpis

MÉTODO	Meses											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
FAO Penman-Monteith	112,04	104,33	122,27	122,29	110,47	93,45	94,97	93,49	94,05	94,02	95,98	108,94
Thornthwaite	154,60	143,76	161,31	156,02	147,90	121,80	107,81	95,11	94,06	101,42	107,51	139,33
Hargreaves Temp.	122,92	112,20	125,38	117,30	108,06	91,13	91,87	92,43	95,66	102,32	105,36	115,95
Hargreaves Simp.	135,69	128,73	140,20	134,09	125,52	111,05	108,43	109,77	110,65	114,60	115,92	129,12
Blaney-Criddle	177,10	162,00	178,19	168,75	172,00	161,77	162,87	159,52	154,83	164,47	161,27	173,28
Ivanov	78,90	74,62	73,08	86,31	85,10	75,30	70,76	58,88	57,65	56,75	65,33	76,17
Papadakis	109,03	112,13	112,40	118,23	112,25	102,36	89,90	81,94	80,90	78,19	85,78	100,75
Linacre	112,14	104,26	114,90	111,62	107,25	93,21	85,47	80,15	78,04	81,64	88,52	105,48
Holdridge	136,75	124,03	138,14	133,76	135,13	124,68	123,26	118,90	115,66	120,69	119,48	131,90

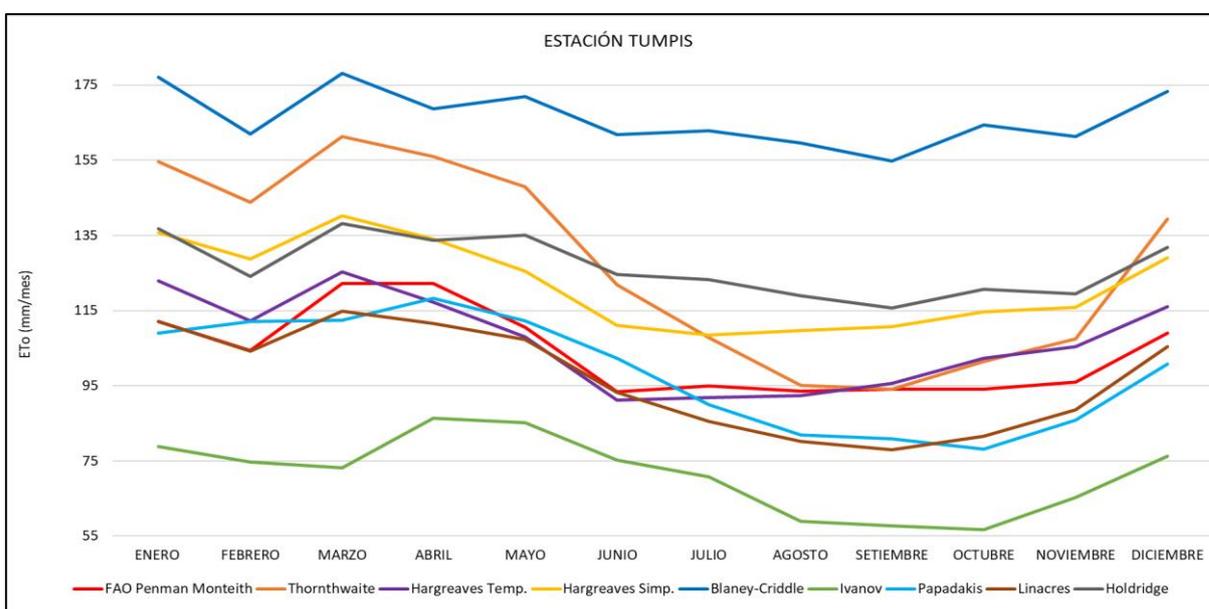


Figura 17: Variación de la ETo promedio en mm/mes con los datos de la Estación Tumpis, periodo (2007 – 2020)

De acuerdo con los resultados mostrados en las figuras 16 y 17, se evidencia la variación temporal que existe en las estimaciones de evapotranspiración de referencia realizada con los diferentes métodos, la cual se discute en el ítem 4.2

Los mayores valores de evapotranspiración se dan en los meses de marzo y abril y los valores mínimos pertenecen a los meses de invierno entre junio y agosto.

4.1.3. Desempeño de los métodos

Considerando que el método Penman-Monteith es el más confiable y aceptado por la FAO, se realizará el análisis comparativo basado en los índices estadísticos descritos anteriormente. Se muestra el desempeño de cada método en el siguiente cuadro:

Cuadro 8: Desempeño de los métodos empíricos en estudio.

MÉTODO	RMSE (mm/día)	EP	d	r	c	Desempeño
Thornthwaite	0,98	24%	0,61	0,85	0,52	Tolerable
Hargreaves Temp.	0,44	11%	0,83	0,82	0,68	Mediano
Hargreaves Simp.	0,68	19%	0,64	0,83	0,54	Tolerable
Blaney-Cridle	2,08	63%	0,30	0,83	0,25	Pésimo
Ivanov	1,19	32%	0,49	0,80	0,39	Pésimo
Papadakis	0,43	10%	0,82	0,81	0,66	Bueno
Linacre	0,39	9%	0,84	0,86	0,72	Bueno
Holdridge	0,82	24%	0,55	0,85	0,46	Malo

Los métodos que presentaron menor índice de concordancia (d), fueron Blaney Cridle e Ivanov con valores de 0,30 y 0,49 respectivamente, mientras que los mayores valores corresponden a los métodos de Hargreaves temperatura con 0,83 y Linacre con un valor de 0,84.

Para el coeficiente de correlación (r) los menores valores corresponden a los métodos de Ivanov y Papadakis con valores de 0,80 y 0,81 respectivamente, mientras que Linacre muestra el valor más alto con 0,86.

Cabe señalar que se debe prestar especial atención al coeficiente de confianza, por lo que el método de Linacre fue el que mostro un buen desempeño destacando entre los demás.

Además de los parámetros estadísticos se realizó un análisis de regresión, con el fin de determinar qué tan bien se ajusta los resultados obtenidos por el Método FAO PM, y los resultados de los demás métodos utilizados La Figura 17 muestran los resultados obtenidos, para la estación Tumpis, con cada método en estudio, en el eje horizontal los resultados de FAO PM y en el eje vertical los métodos en evaluación, siendo el método de Linacre el que mayor valor de R^2 .

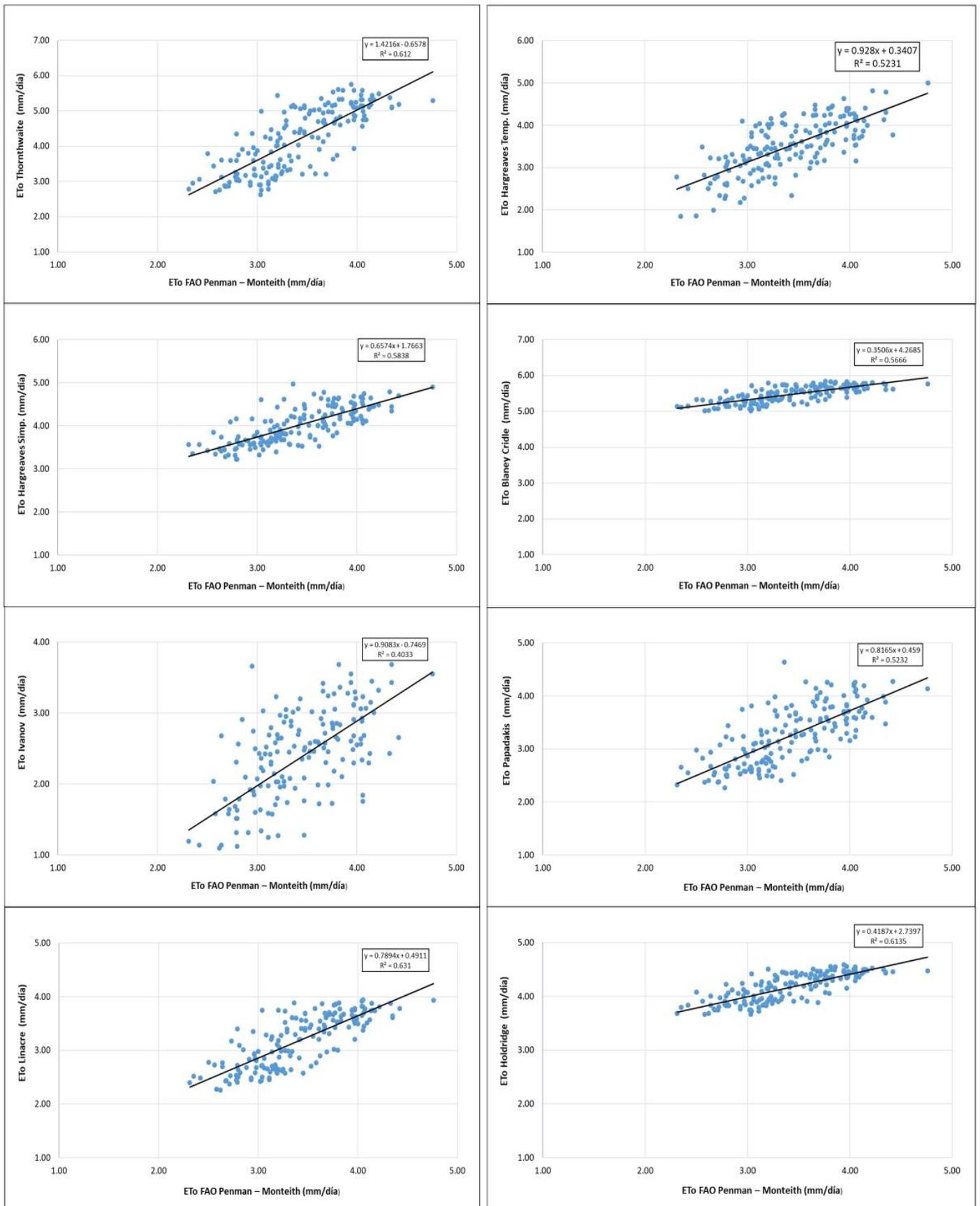


Figura 18: Determinación del coeficiente R^2 con los métodos en estudio y el método FAO - PM

4.1.4. Determinación de la ETo con datos climáticos de las estaciones SENAMHI

De la evaluación estadística se obtiene que el método de Linacre, es el de mejor desempeño, para proceder a determinar la evapotranspiración con los datos climáticos registrados en las estaciones meteorológicas automáticas del SENAMHI. (ANEXO 13)

Cuadro 9: Evapotranspiración mensual promedio (2015 – 2020) obtenida con el Método de Linacre, para las estaciones SENAMHI

MESES	ESTACIONES AUTOMÁTICAS SENAMHI					
	CAMP.SEDE	MATAPALO	RICAPLAYA	CAÑAVERAL	CABO INGA	HUASIMO
ENE	96.16	116.78	120.12	121.21	128.34	118.03
FEB	89.88	104.77	106.22	106.42	110.05	101.44
MAR	98.52	116.08	119.64	117.75	122.59	113.12
ABR	95.47	115.99	120.60	118.29	119.79	111.56
MAY	91.06	110.96	117.75	116.67	118.08	109.80
JUN	76.99	97.94	106.47	108.21	112.63	104.58
JUL	69.12	94.83	104.38	106.98	121.05	109.85
AGO	65.24	97.92	108.22	110.47	132.24	117.96
SET	64.15	96.68	108.44	110.43	134.39	118.46
OCT	68.94	97.02	110.21	112.85	137.06	121.37
NOV	74.19	100.20	111.33	113.44	134.04	119.71
DIC	88.19	112.73	119.06	122.14	133.40	122.29

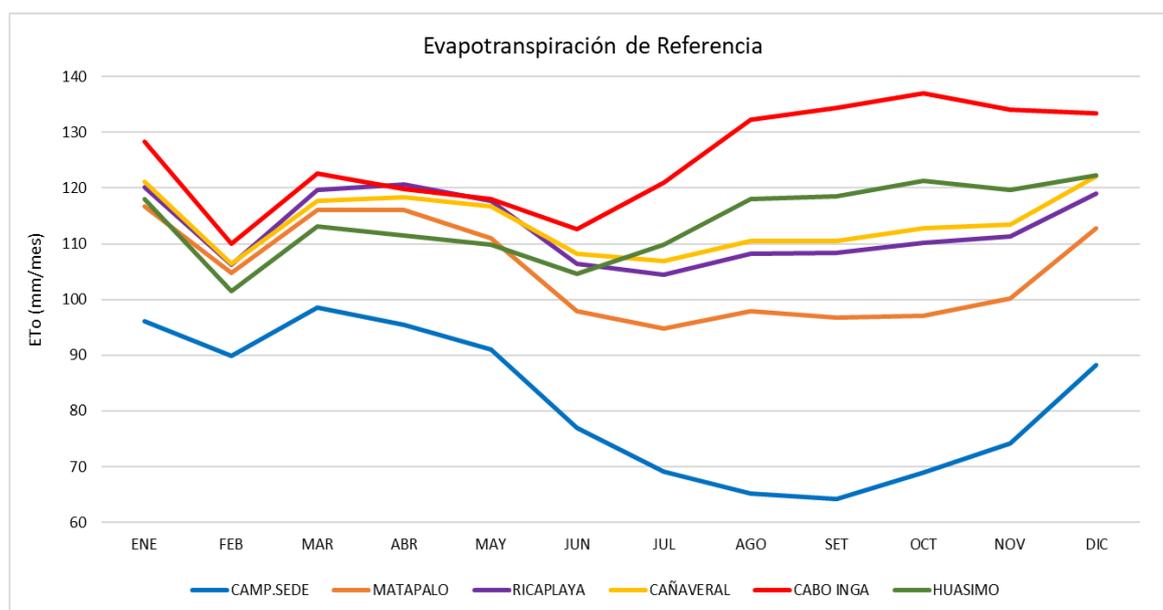


Figura 19: Variación mensual de la Eto en mm/mes, obtenida con el método de linacre, con los datos de las estaciones SENAMHI

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Aplicación de los métodos empíricos para Estación Tumpis

Los resultados obtenidos con cada método se grafican en las figuras 16 y 17 en unidades de mm/día y mm/mes respectivamente, donde se muestra la variación temporal de la evapotranspiración de referencia.

El valor mínimo fue de 56,75 mm/mes obtenido con el método de Ivanov y el máximo fue de 178,19 mm/mes por el método de Blaney Cridle. Se deduce con la gráfica que el método de Ivanov subestima los valores de evapotranspiración y el método de Blaney Cridle los sobrestima, pues sus líneas representativas en cada gráfica se ubican en la parte inferior y superior respectivamente.

El método de Thorntwaite es el que tiene mayor variación temporal, siendo su valor máximo de 5,2 mm/día y un mínimo de 3,07 mm/día, lo cual se ve reflejado con mayor notoriedad en la gráfica mensual donde se obtiene un valor máximo de 161,31 mm/mes y un mínimo de 94,06 mm/mes.

El método de Holdridge es el que menos variación temporal tiene, pues su valor máximo es de 4,46 mm/día y un mínimo de 3,84 mm/día, mientras en escala mensual se obtiene un máximo de 138,14 mm/mes y un valor mínimo de 115,66 mm/mes.

Los métodos de Papadakis, Linacre y Hargreaves en base a temperatura, se encuentran más cercanos al método estándar; debido a que las líneas que representan a cada uno de métodos antes nombrados muestran intercepciones con la línea representativa del método de FAO Penman-Monteith.

En el análisis visual el método de Linacre, que está representado de una línea marrón, se aproxima de mejor manera al método FAO en los meses de enero, febrero, mayo y junio, para confirmar esta deducción se realizó la comparación mediante índices estadísticos

4.2.2. Análisis y comparación de métodos

Analizando los valores de índice de confianza, del cuadro 8, se muestran con un desempeño pésimo los métodos de Blaney Cridle e Ivanov, mientras que holdridge clasifica como malo.

El método de Hargreaves en base a temperatura obtuvo un desempeño mediano. Por otro lado, el método de Papadakis mostro un buen desempeño, con un índice de confianza de 0.66. En el presente estudio, el método de Linares se posiciona como el mejor de todos con un índice de confianza de 0,72, el cual lo clasifica como bueno.

El análisis de esta investigación indica que el método de Linacre es el que más se aproxima al método estándar. Sin embargo, estudios como los de Lavado et al. (2015) concluye que Hargreaves Samani presento estimaciones cercanas a FAO Penman Monteith, mientras que Linacre sobreestima la ETo, por otro lado, Tello (2016) utilizó como método estándar el tanque evaporímetro, obteniendo que Penman Monteith se correlaciona mejor a la referencia empleada.

Es importante mencionar que los resultados difieren de otros estudios, debido a que fueron realizados en distintas regiones, con características climáticas diferentes, lo cual influye en la aplicación de las ecuaciones.

4.2.2. Aplicación del Método de Linacre para las Estaciones SENAMHI

En la figura 19 se observa la variación mensual de la Evapotranspiración de Referencia, obtenida con el método de Linacre, con los promedios mensuales aplicados durante el periodo 2015 – 2020, en la gráfica se visualiza que los valores más altos de ETo obtenidos por la ecuación de Linacre se da en la Estación Cabo Inga, mientras que los valores más bajos corresponden a la Estación Campamento Sede.

La variación entre los resultados entre las diferentes estaciones con el método de Linacre no solo se debe a la consideración de la Temperatura, sino también que adiciona como factor altitud y latitud que están incluidas en la ecuación; siendo Cabo Inga, la que presenta registros de temperatura más elevados, llegando a los 33° C en algunos meses, además de ser la segunda estación ubicada a mayor altitud, a 228 m.s.n.m. Por su parte la Estación Campamento Sede, presenta temperaturas entre los 20 y 29°C, y está ubicada a 17 m.s.n.m, siendo la estación con menor altitud.

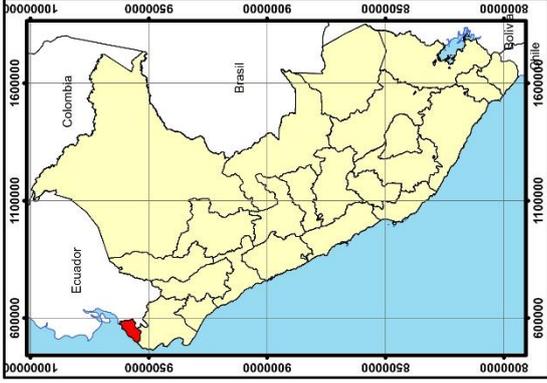
Los valores de Evapotranspiración de referencia, correspondientes a las Estaciones Matapalo, Rica Playa, Cañaveral, Huasimo, presentan valores cercanos entre sí en los meses de enero a mayo, pero se dispersan entre los meses de junio y diciembre.

4.3. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA ETo

De los resultados obtenidos anteriormente, para las estaciones del SENAMHI y la Estación Tumpis, se interpolan sus valores promedios con el método Kriging, mediante el uso del Programa de Sistema de Información Geográfica Arcgis, el cual tiene la habilidad de integrar los datos numéricos y generar representaciones gráficas en mapas.

A continuación, se presentan los mapas que muestran la distribución espacial de la Evapotranspiración de referencia, para cada uno de los meses correspondientes al periodo 2015 – 2020.

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



LEYENDA

- Rios Principales
- Red vial
- Zona Agricola
- Departamento

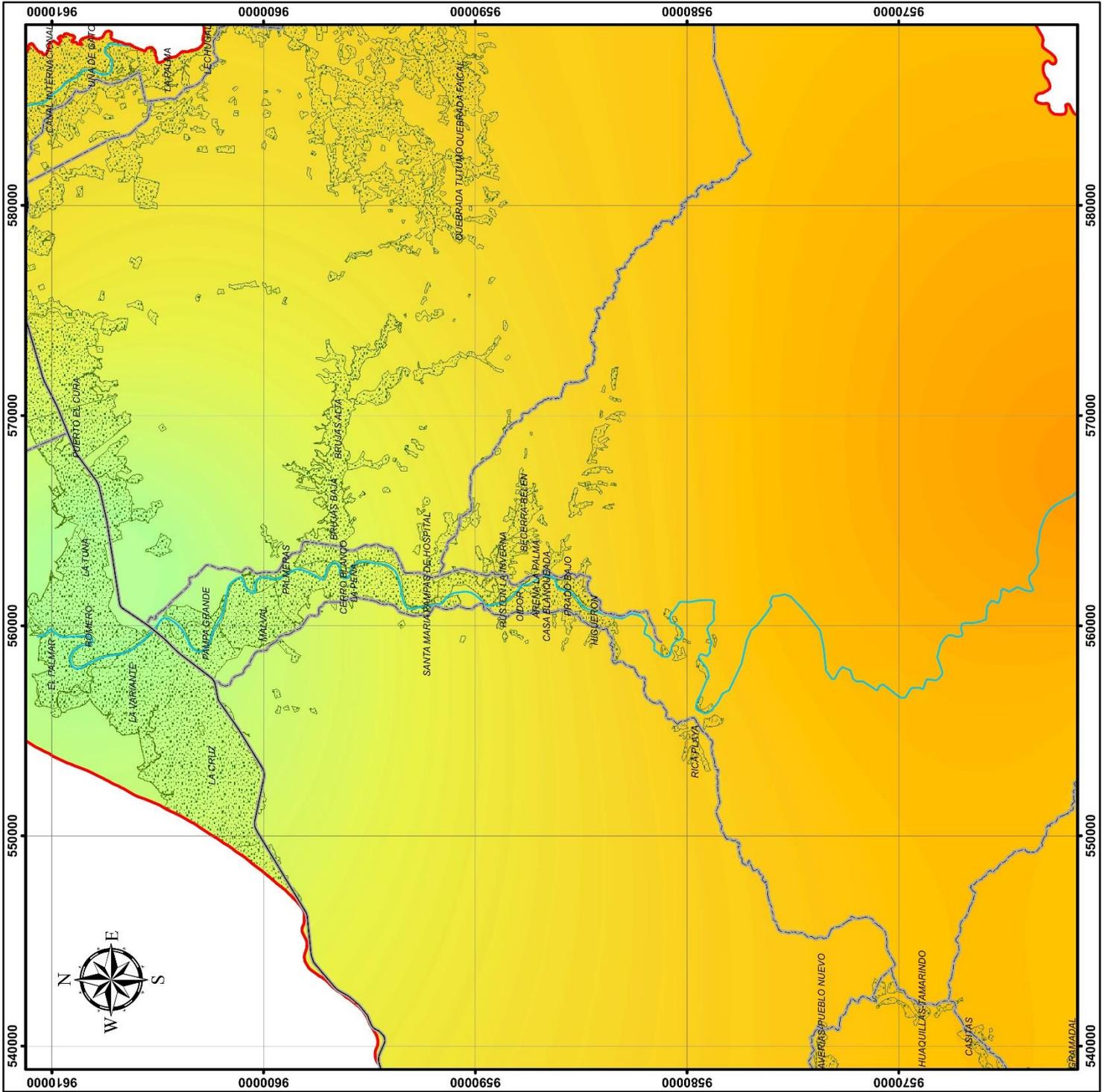
ETo (mm/mes)

140
130
120
110
100
90
80
70
60

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ETo - MÉTODO DE LINACRE
 ENERO (2015 - 2020)

DATUM: WGS84	REGION: TUMBES
ZONA: 17S	ESCALA: 1/250.000
ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO	
Nº 01	



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

LEYENDA

- Ríos Principales
- Red vial
- Zona Agrícola
- Departamento

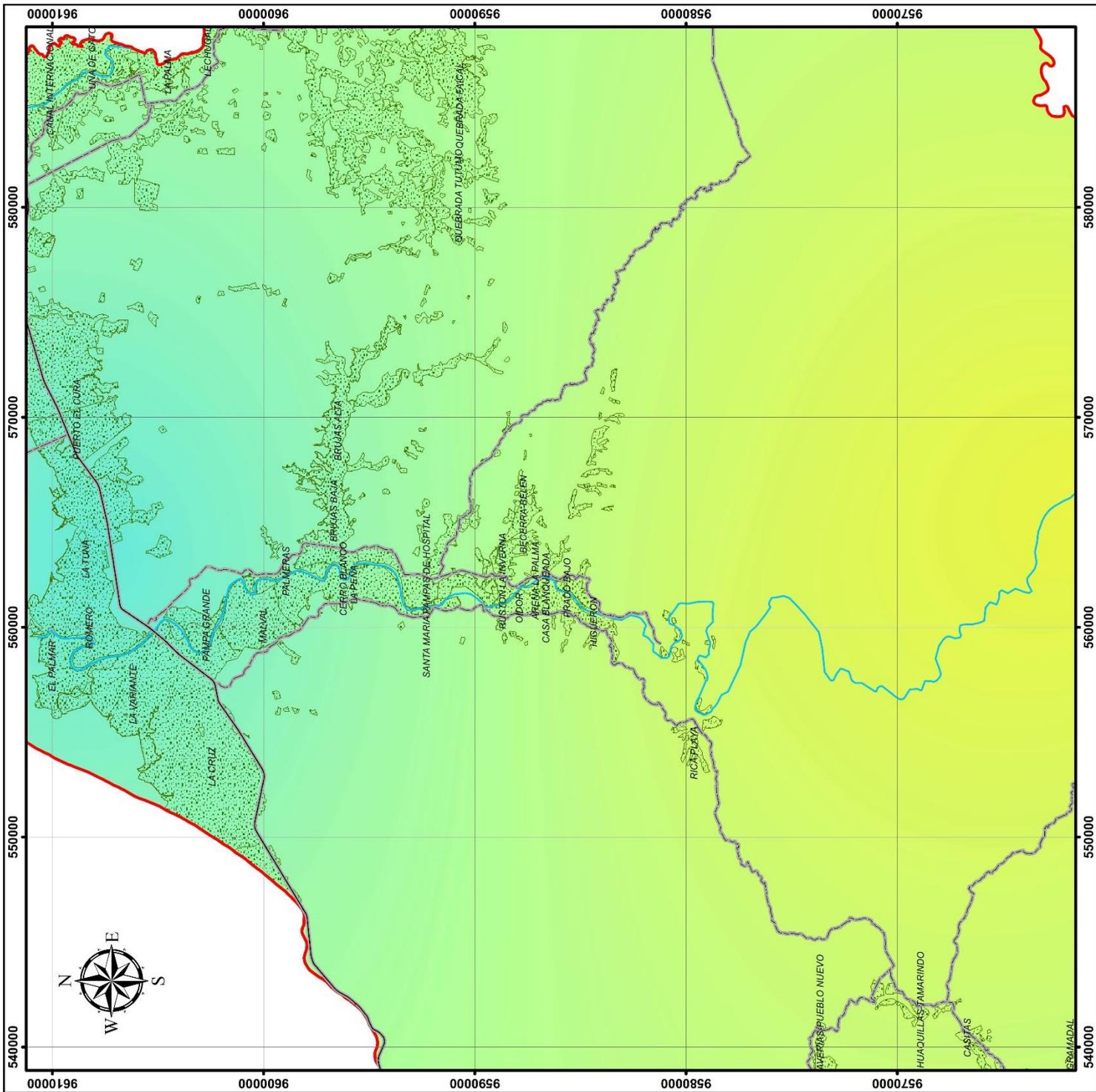
ETo (mm/mes)

140
130
120
110
100
90
80
70
60

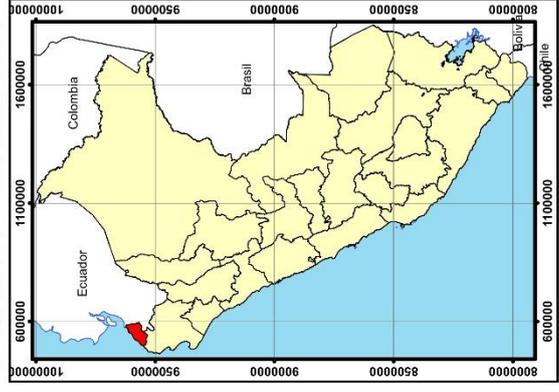
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ETo - MÉTODO DE LINACRE
FEBRERO (2015 - 2020)

DATUM: WGS84 REGION: TUMBES
ZONA: 17S ESCALA: 1/250 000
ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO **Nº 02**



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



LEYENDA

- Rios Principales
- Red vial
- Zona Agrícola
- Departamento

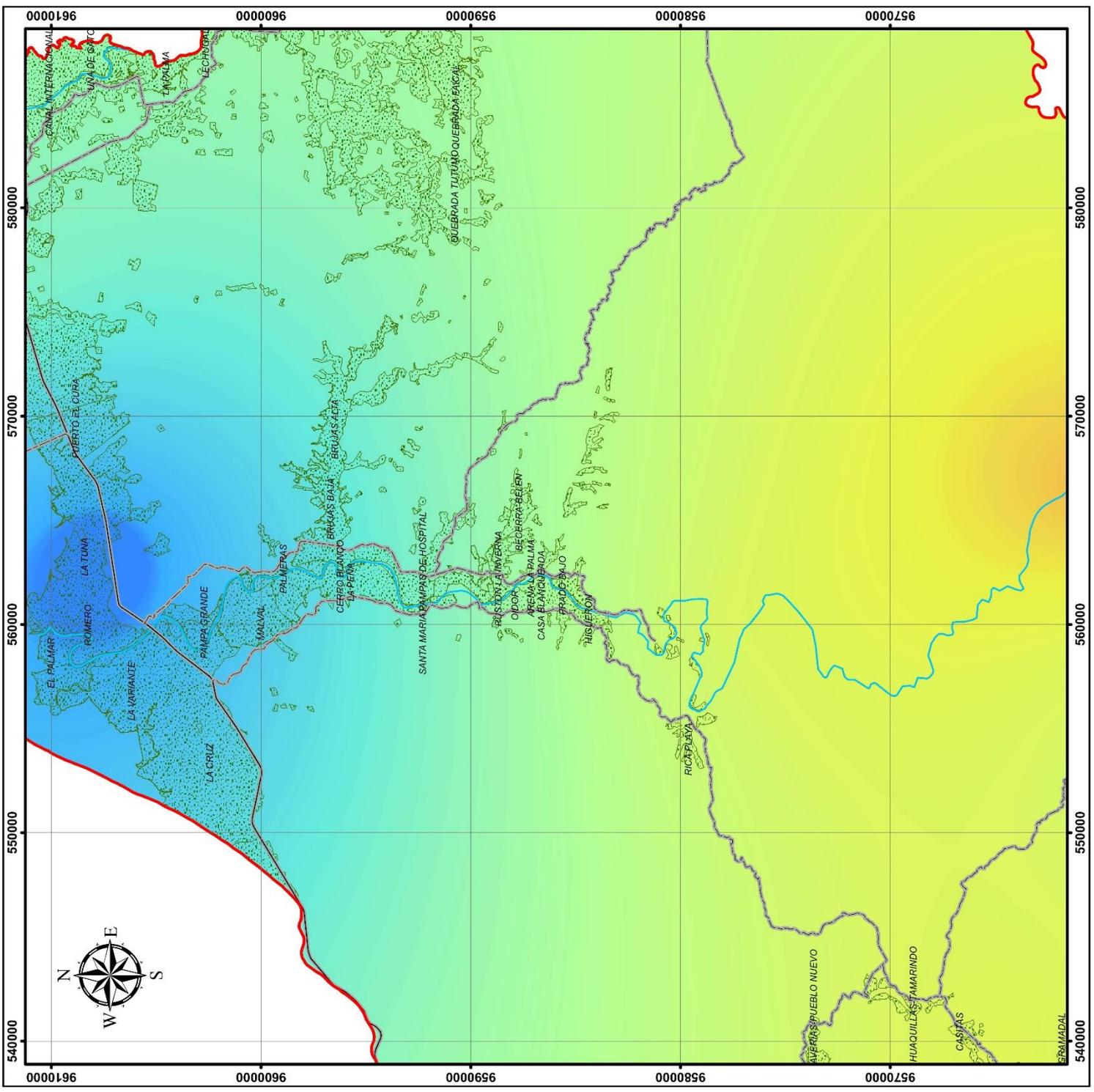
ETo (mm/mes)

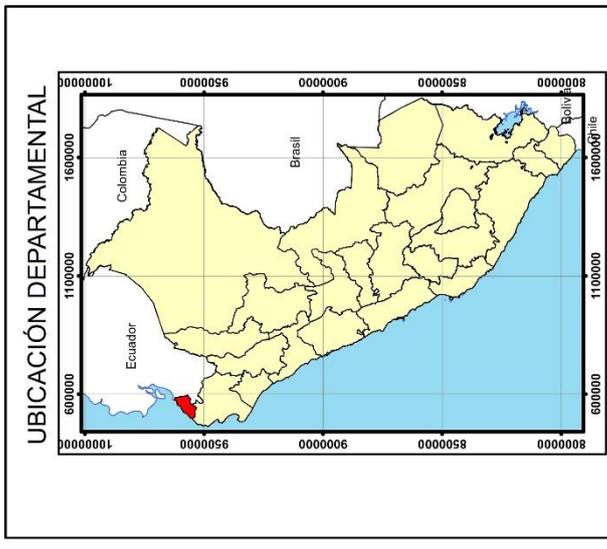
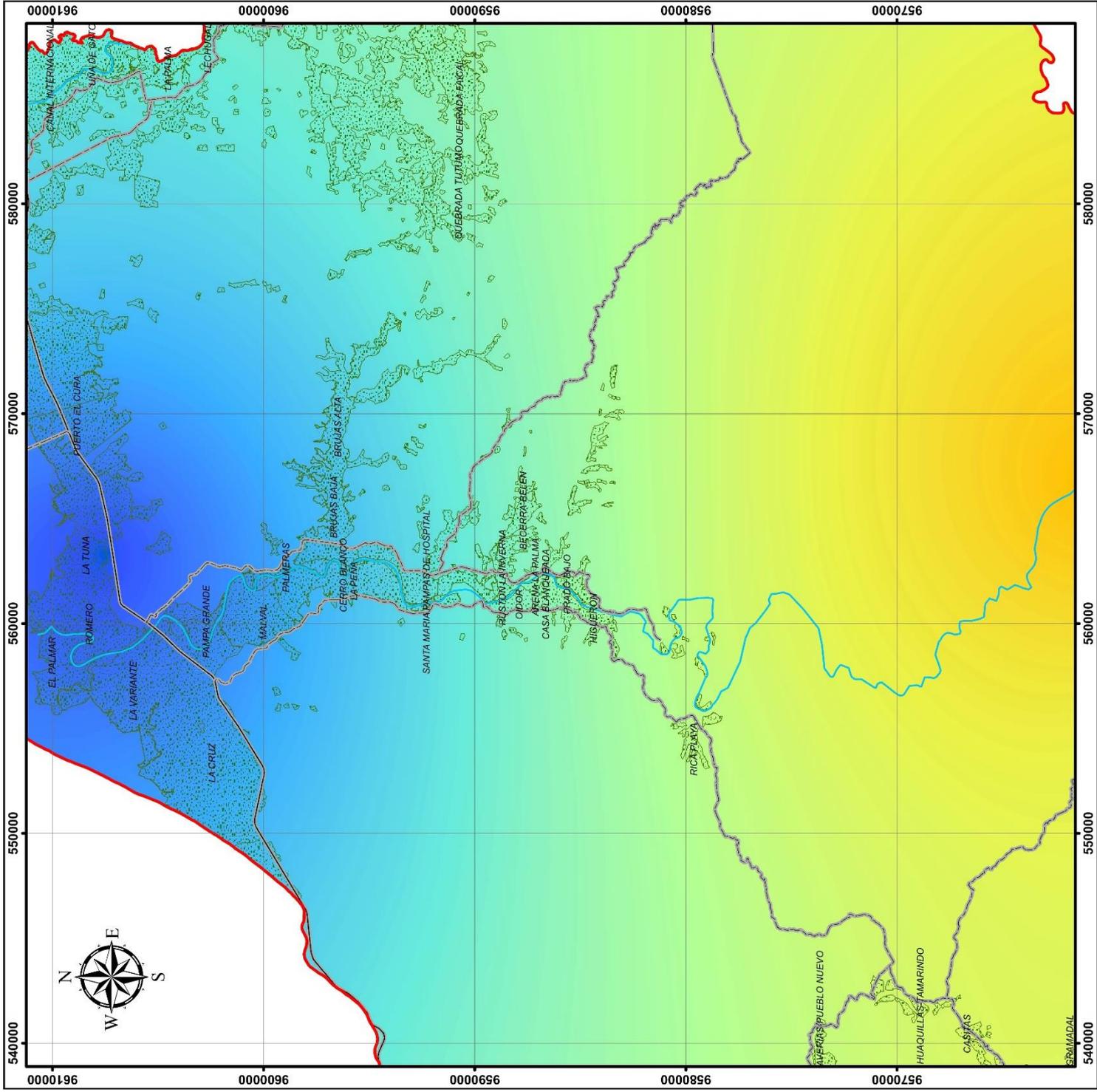
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ETO - MÉTODO DE LINACRE
 JUNIO (2015 - 2020)

DATUM: WGS84 REGION: TUMBES
 ZONA: 17S ESCALA: 1/250 000

ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO **Nº 06**





LEYENDA

- Rios Principales
- Red vial
- Zona Agricola
- Departamento

ETo (mm/mes)

140
130
120
110
100
90
80
70
60

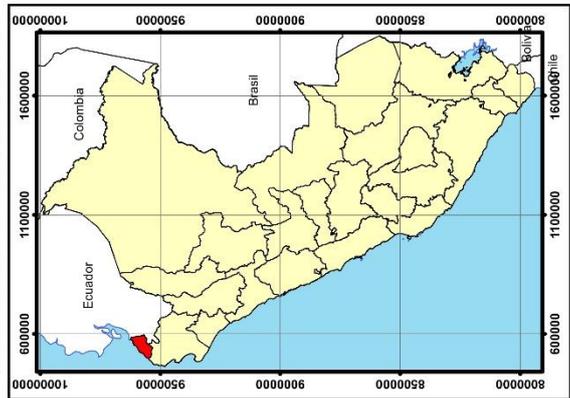
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ETo - MÉTODO DE LINACRE
 JULIO (2015 - 2020)

DATUM: WGS84 **REGION: TUMBES**
ZONA: 17S **ESCALA: 1/250 000**

ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO **Nº 07**

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



LEYENDA

- Rios Principales
- Red vial
- Zona Agricola
- Departamento

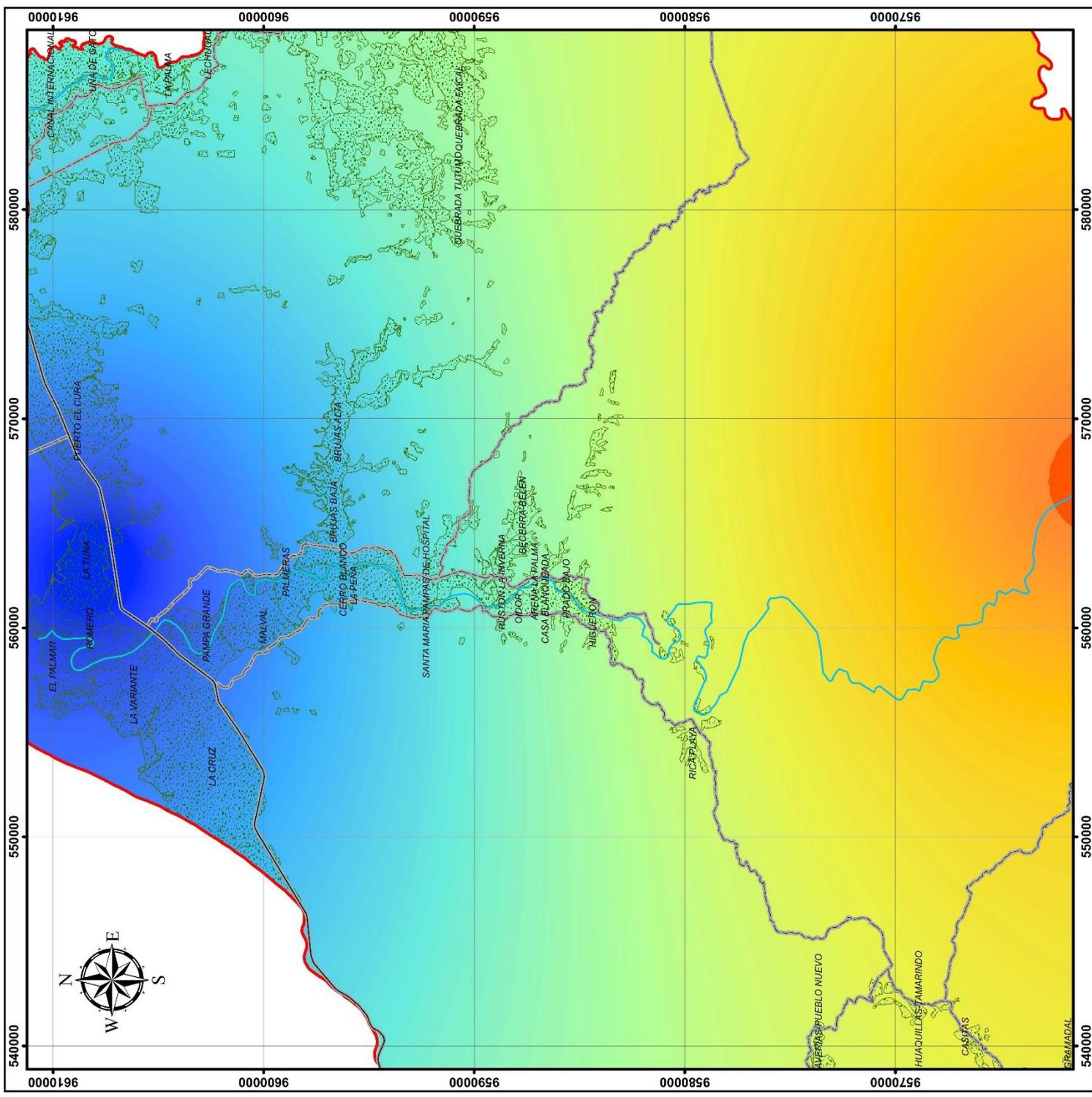
ETo (mm/mes)

140
130
120
110
100
90
80
70
60

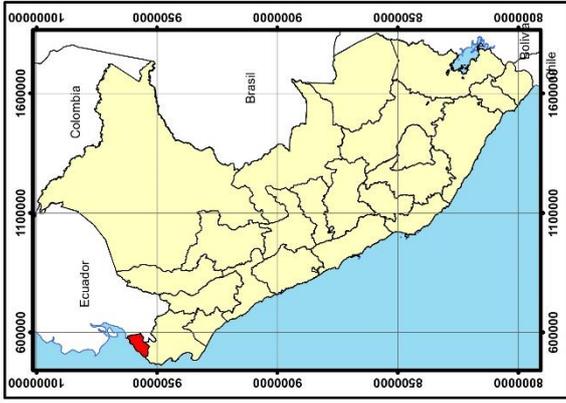
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ETo - MÉTODO DE LINACRE
AGOSTO (2015 - 2020)

DATUM: WGS84	REGION: TUMBES
ZONA: 17S	ESCALA: 1/250 000
ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO	
Nº 08	

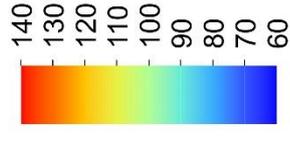


UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



LEYENDA

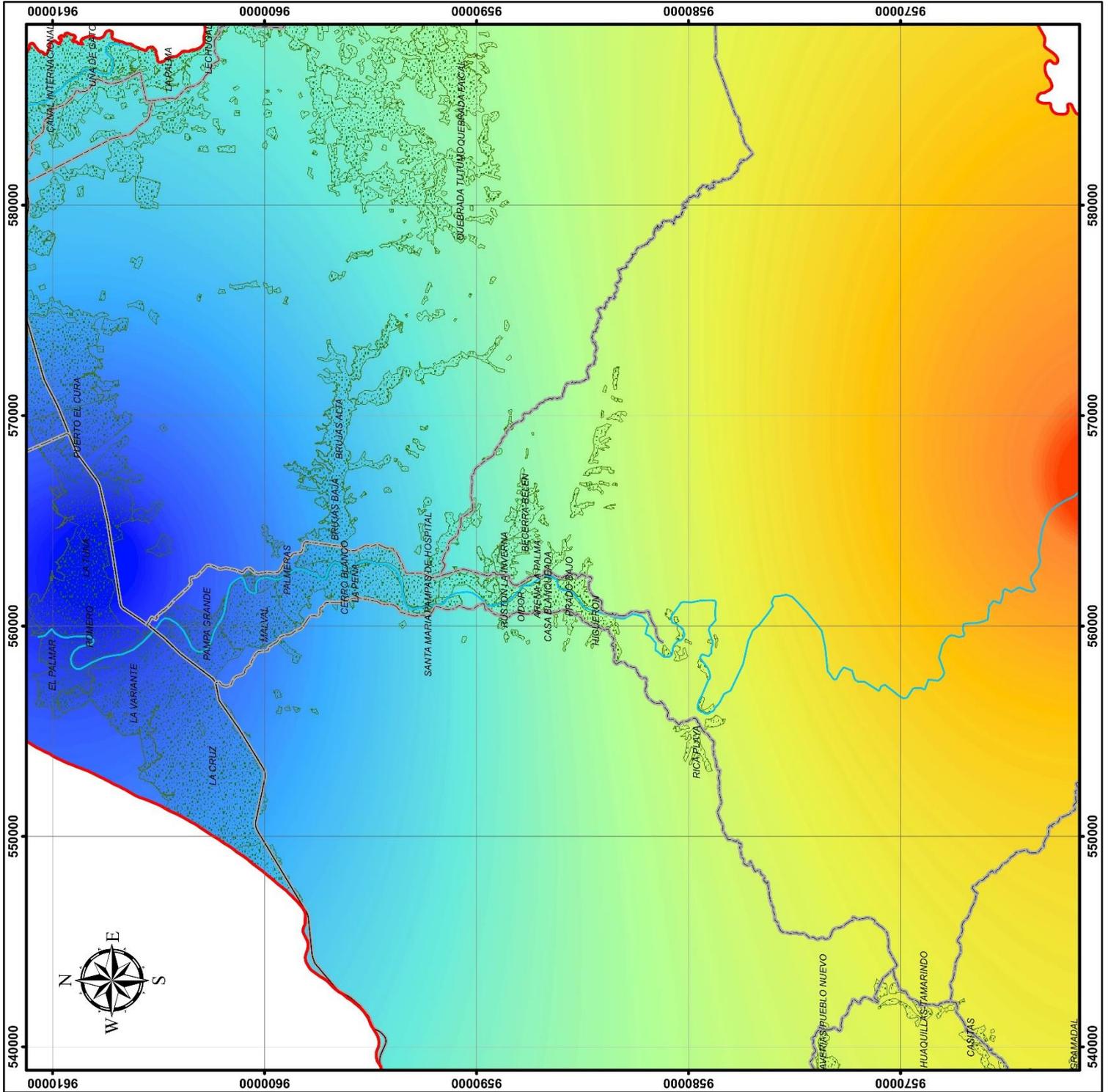
-  Rios Principales
-  Red vial
-  Zona Agrícola
-  Departamento

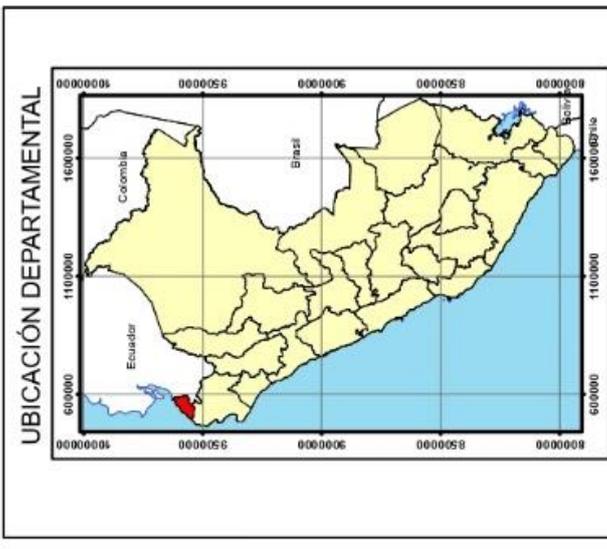
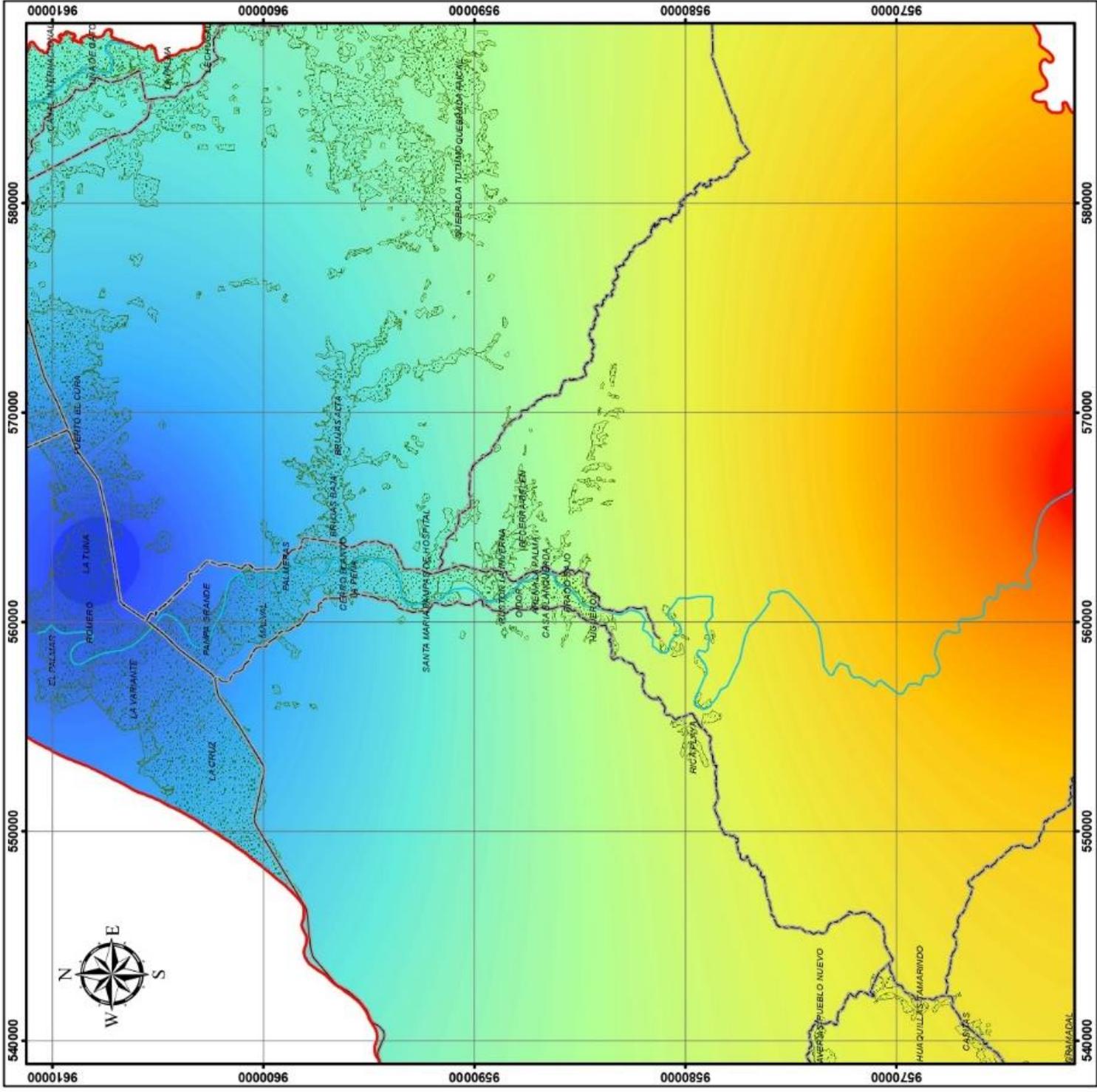



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ETo - MÉTODO DE LINACRE
 SEPTIEMBRE (2015 - 2020)

DATUM: WGS84	REGION: TUMBES
ZONA: 17S	ESCALA: 1/250 000
ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO	
Nº 09	





LEYENDA

- Rios Principales
- Red vial
- Zona Agrícola
- Departamento

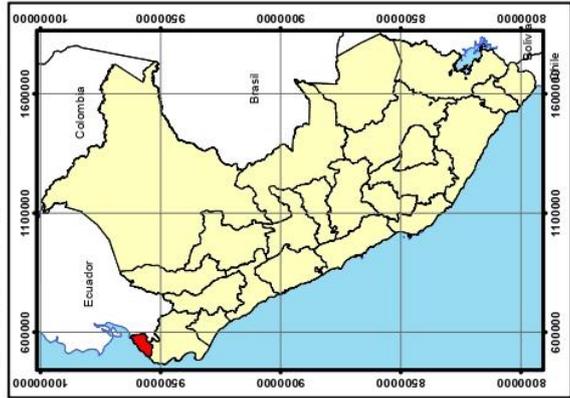
ETo (mm/mes)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ETo - MÉTODOS DE LINACRE
 OCTUBRE (2015 - 2020)

DATUM: WGS84	REGION: TUMBES
ZONA: 175	ESCALA: 1/250.000
ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO	
Nº 10	

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



LEYENDA

- Rios Principales
- Red vial
- Zona Agrícola
- Departamento

ETo (mm/mes)

140
130
120
110
100
90
80
70
60

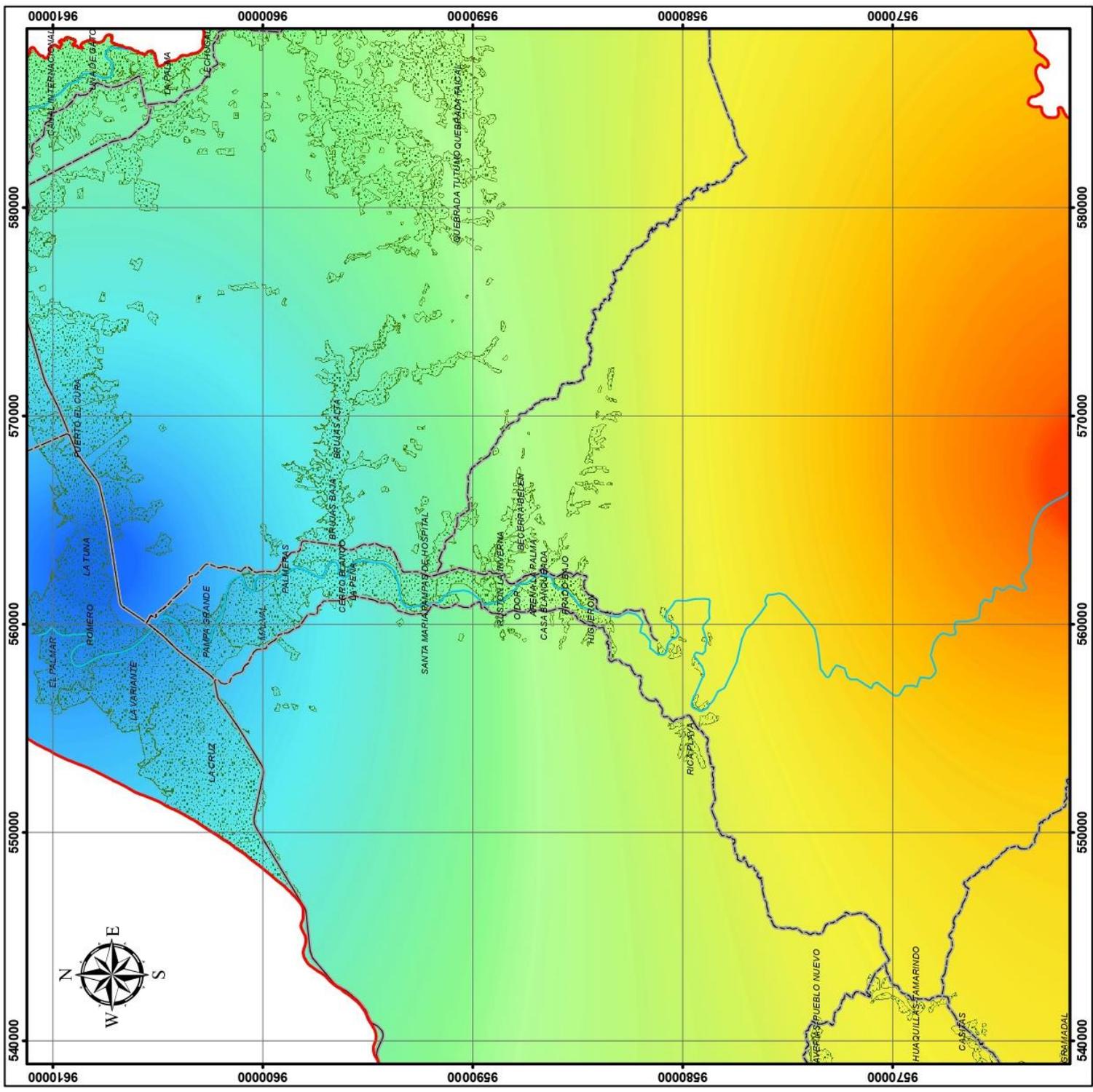
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TITULO: DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA ETo - MÉTODO DE LINACRE
NOVIEMBRE (2015 - 2020)

DATUM: WGS84
REGION: TUMBES

ZONA: 17S
ESCALA: 1/250 000

ELABORADO POR: HENRY MORE MEDRANO
Nº 11



5. CONCLUSIONES

1. El método de Linacre presenta mejor desempeño, obteniendo un índice de confiabilidad de 0,72; lo que califica como bueno.
2. El valor de evapotranspiración de referencia máximo calculado es de 145,64 mm, correspondiente a la estación Cabo Inga en el mes de noviembre del año 2016.
3. El valor de evapotranspiración de referencia mínimo calculado es de 58,13 mm, correspondiente a la estación campamento sede en el mes de setiembre del año 2019.
4. Las estaciones meteorológicas utilizadas no son suficientes, para obtener mapas de distribución espacial de la ETo que acapare toda la región de Tumbes.
5. Se observan notables diferencias en cuanto a la distribución de los valores de evapotranspiración de referencia, donde los valores más altos corresponden a la estación Cabo Inga, mientras que los valores bajos se obtienen en la estación campamento Sede
6. En los mapas se identifica el valor de evapotranspiración de referencia para cada estación y/o centro poblado mediante la paleta de colores utilizada en el mapa, para el rango entre 140 y 60 mm.

6. RECOMENDACIONES

1. En ausencia de datos meteorológicos como la radiación solar, humedad, velocidad del viento en las estaciones de la región de Tumbes, para el cálculo de la evapotranspiración de referencia se recomienda utilizar el método de Linacre.
2. Es importante tomar en cuenta una mayor cantidad de datos registrados, y si es necesario completar mediante métodos estadísticos, pues en este estudio para la comparación de métodos solo se consideró el periodo 2007 – 2020, de datos registrados de la Estación Tumpis.
3. Promover la investigación de este tema, tomando como referencia los métodos directos o de campo.
4. Implementar a las estaciones de la región Tumbes con instrumentos que puedan medir variables meteorológicas que permitan la aplicación del método FAO Penman Monteith.
5. Se recomienda aperturar estaciones meteorológicas cerca de los valles agrícolas con fines de proporcionar datos confiables y caracterizar correctamente la distribución espacial de la evapotranspiración.
6. Se debe considerar tanto a la evapotranspiración como a la precipitación, para un adecuado un planeamiento en la aplicación del riego en los cultivos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Roma: FAO*, 298(0).
- Allen, RG, Pereira, LS, Raes, D. y Smith, M. (1998). Documento de riego y drenaje de la FAO núm. 56. 3 *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*, 56 (97), 156.
- Almorox, J., Hontoria, C., & Benito, M. (2008). *Comparación de algunos métodos de estimación de la evapotranspiración en Uruguay*. *Revista Ingeniería Química*, 33, 5-9.
- ArcGIS Resource Center. (2014.). Arcgis resources. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>*
- Arica, A. (2001). *Evaluación de tres métodos de determinación de la evapotranspiración potencial en Tingo María*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva
- Brixner, G. F., Schöffel, E. R., & Tonietto, J. (2014). Determinação da evapotranspiração por diferentes métodos e sua aplicação no índice de seca Campanha Gaúcha, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36, 780-793.
- Camargo, A. D., & Sentelhas, P. C. (1997). Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de agrometeorologia*, 5(1), 89-97.
- Chemin, Y. (2003, mayo). Evapotranspiración de cultivos por teledetección utilizando algoritmos basados en balance energético. En el 1er Foro Internacional del Río Amarillo sobre Gestión de Cuencas Hidrográficas. Zhengzhou: Foro Internacional del Río Amarillo.*

- Chérrez , T. (2015). *Análisis Comparativo en la Aplicación de Diversos Métodos para el Cálculo de la Evapotranspiración en un Mismo Escenario*. (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica del litoral Guayaquil.
- Chuvienco, E. (1991). Fundamentos de teledetección espacial. *Estudios Geográficos*, 52(203), 371.
- Englund, EJ y Sparks, AR (1988). *Guía del usuario de GEO-EAS (software de evaluación ambiental geoestadística)* (No. PB-89-151252 / XAB; EPA-600 / 4-88 / 033A). Battelle Columbus Labs., Washington, DC (Estados Unidos).
- González-Cervantes, G., Chávez-Ramírez, E., González-Barrios, J. L., Dzul-López, A., Sánchez-Cohen, I., & Potisek-Talavera, M. C.. (2012). Comparación de métodos para determinar la evapotranspiración y oportunidad de riego en nogal pecanero. *Terra Latinoamericana*, 30(1), 29-38.
- Hargreaves, GH y Samani, ZA (1985). *Evapotranspiración del cultivo de referencia a partir de la temperatura*. Ingeniería aplicada a la agricultura, 1 (2), 96-99.
- Holdridge, L. R. 1959. "Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data". *Science*, 130(3375), 572-572
- Huaccoto, P. (2017). *Determinación del método más eficiente para calcular la evapotranspiración potencial para un modelo lluvia-escorrenfía en la cuenca Huancané–Puno*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano
- Jensen, M. E., Burman, R. D., & Allen, R. G. (1990). Evapotranspiration and water irrigation requirements. *Committee on Irrigation Water Requirements, Irrigation and Drainage Division of ASCE, New York, American Society of Civil Engineers, manual*, (70), 332.
- Lavado Casimiro, W. S., Lhomme, J. P., Labat, D., Guyot, J. L., & Boulet, G. (2015). Estimación de la evapotranspiración de referencia (FAO-56 Penman-Monteith) con limitados datos climáticos en la cuenca andina amazónica peruana. *Revista Peruana Geo-Atmosférica*, 4, 31-43.

- Lecarpentier, C. (1975). L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques (suite). *Annales de Géographie*, 84(464), 385-414.
<http://www.jstor.org/stable/23448042>
- Medina, J. A., & Goteo, R. P. (2000). Teoría y Práctica. *Revista Internacional de Ciencias*.
- Muelas, L. Q. (2019, 18 julio). *¿Qué es la interpolación espacial de datos?* Geoinnova. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-interpolacion-espacial-de-datos/>
- Ortiz Vera, O. (1995). Hidrología de superficie. *Cajamarca, Perú*, 1-97.
- Ortiz, R. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Siembra*, 7(1), 70-79.
- Papadakis, J. (1961). Geografía agrícola mundial. *Ciencia del suelo*, 92 (2), 150.
- Pereira, P., & Oliva, M. (2010). *Análisis comparativo de diferentes métodos de interpolación en Sierra Nevada. Aplicación a la precipitación extrema de otoño e invierno*. (Tesis de pregrado). Universidad de Barcelona
- Salvador Figueras, M., & Gargallo, P. (2003). Analisis Exploratório de datos. Disponible en: 5campus. com, Estadística< <http://www.5campus.com/leccion/aed>.
- Sánchez M., M.I. (1999): *Estimación de evapotranspiración a través de datos meteorológicos e imágenes de satélite*. (Tesis doctoral). Universidad de Alcalá, Madrid.
- Sánchez Martínez, Marcela, & Carvacho Bart, Luis. (2011). Comparación de ecuaciones empíricas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, (50), 171-186.
- Shawky, M. E., & Sallam, M. F. (1996). Potential evapotranspiration calculation under Egyptian conditions. In *Proceeding of international conference on evapotranspiration and irrigation scheduling*. November (pp. 3-6).

- Silva, GHD, Dias, SH, Ferreira, LB, Santos, J. É. Y Cunha, FFD (2018). *Realización de diferentes métodos para la estimación de la evapotranspiración de referencia en Jaíba, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 22, 83-89.*
- Tello LLamoja, V. F. (2016). *Comparación y evaluación de cinco fórmulas empíricas para determinar la precipitación efectiva y evapotranspiración en Canaán-Ayacucho.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga
- Thornthwaite, CW (1948). Un enfoque hacia una clasificación racional del clima. *Revisión geográfica, 38 (1), 55-94.*
- Vásquez, A., Vásquez, I., & Vílchez, G. (2009). *Principios básicos del riego.* Facultad de Ingeniería Agrícola, departamento de Recursos de agua y tierra, Instituto internacional de riego, UNA La Molina-Perú.
- Vásquez-Méndez, Rebeca, Ventura-Ramos, Eusebio Jr., & Acosta-gallegos, Jorge A. (2011). Habilidad de estimación de los métodos de evapotranspiración para una zona semiárida del centro de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2(3), 399-415.*
- Villatoro, M., Henríquez, C., & Sancho, F. (2008). Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo. *Agronomía Costarricense.*
- Willmott, CJ (1982). Algunos comentarios sobre la evaluación del desempeño del modelo. *Boletín de la Sociedad Meteorológica Estadounidense, 63 (11), 1309-1313.*
- Willmott, CJ, Robeson, SM y Matsuura, K. (2012). Un índice refinado del rendimiento del modelo. *Revista Internacional de Climatología, 32 (13), 2088- 2094.*

8. ANEXOS

ANEXO 1: Coeficientes Kp para el tanque clase A

viento (Km/d)	Radio de cultivo (m)	CASO A: Tanque situado sobre pasto o cultivo			Radio de suelo desnudo (m)	CASO B: Tanque situado sobre suelo desnudo		
		Humedad Relativa media (%)				Humedad Relativa media (%)		
		Baja < 40	Media 40 -70	Alta > 70		Baja < 40	Media 40 -70	Alta > 70
Ligero < 175 Km/d (<2 m/s)	1	0.55	0.65	0.75	1	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
Moderado 175-425 Km/d (2-5 m/s)	1	0.50	0.60	0.65	1	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
Fuerte 425-700 Km/d (5-8 m/s)	1	0.45	0.50	0.60	1	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
Muy fuerte > 700 Km/d (>8 m/s)	1	0.40	0.45	0.50	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45

Fuente: Allen et al. (2006)

ANEXO 2: Factor de corrección "F" por duración media de horas de sol, expresada en unidades de 30 días, con 12 horas de sol cada una

Latitud	E	F	M	A	M	J _N	J _L	A	S	O	N	D	
Norte	50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
	45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
	40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
	35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
	30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
	25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.71	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
	20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
	15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
	10	0.98	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
	5	1.00	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
0	1.02	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	
Sur	5	1.04	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
	10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
	15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
	20	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
	25	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
	30	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
	35	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
	40	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
	45	1.31	1.10	1.07	0.91	0.81	0.71	0.78	0.90	0.99	1.17	1.26	1.36
	50	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

ANEXO 3: Factor de Evapotranspiración Potencial “MF”, en mm/mes

Latitud S (°)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.99	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.05	2.194	2.251	2.372	2.2263	2.301
3	2.352	2.154	2.36	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.29	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.05	1.888	1.993	2.15	2.24	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.02	1.854	1.96	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.205	2.363	2.117	1.98	1.82	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.433	2.397	2.476
8	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.75	1.858	2.054	2.21	2.433	2.423	2.51
9	2.538	2.251	2.36	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.18	2.47	2.497	2.61
12	2.625	2.292	2.35	2.002	1.799	1.608	1.719	1.95	2.169	2.477	2.52	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.543	2.675
14	2.68	2.317	2.34	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.49	2.566	2.706
15	2.707	2.328	2.334	1.937	1.7	1.5	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16	2.734	2.339	2.327	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.5	2.61	2.769
17	2.76	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.54	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	1.598	1.391	1.504	1.78	2.088	2.508	2.651	2.83
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.534	1.354	1.684	1.75	2.072	2.51	2.671	2.859

ANEXO 4: Radiación extraterrestre “Ra”, expresada en mm/día

Latitud sur	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
50	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
28	17.7	16.4	15.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

ANEXO 5: Factor de ajuste función de la humedad relativa, horas de sol efectivas y velocidad del viento

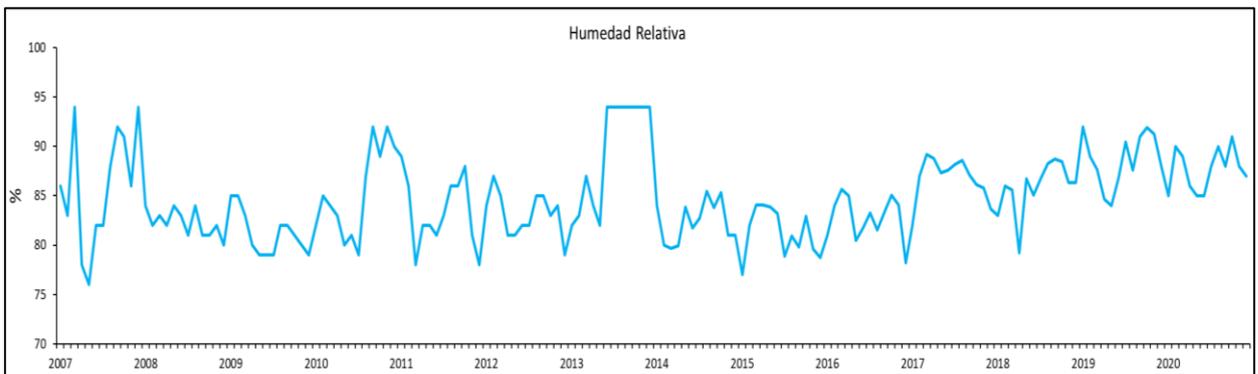
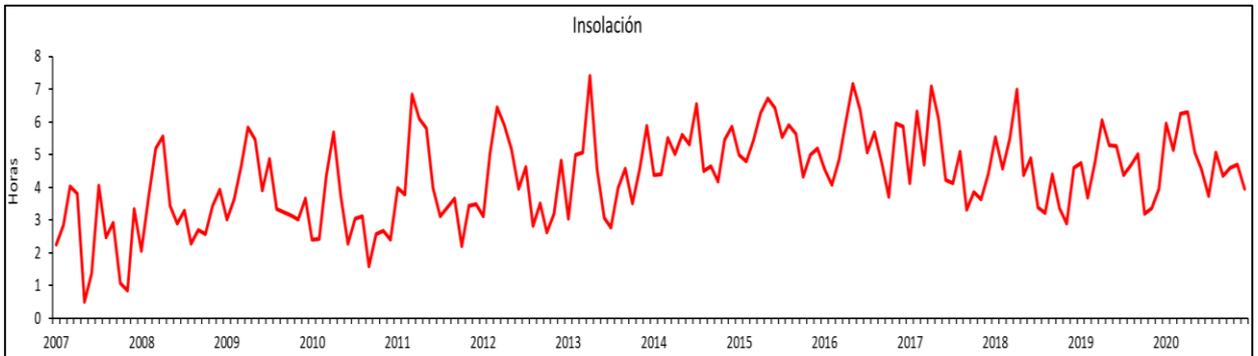
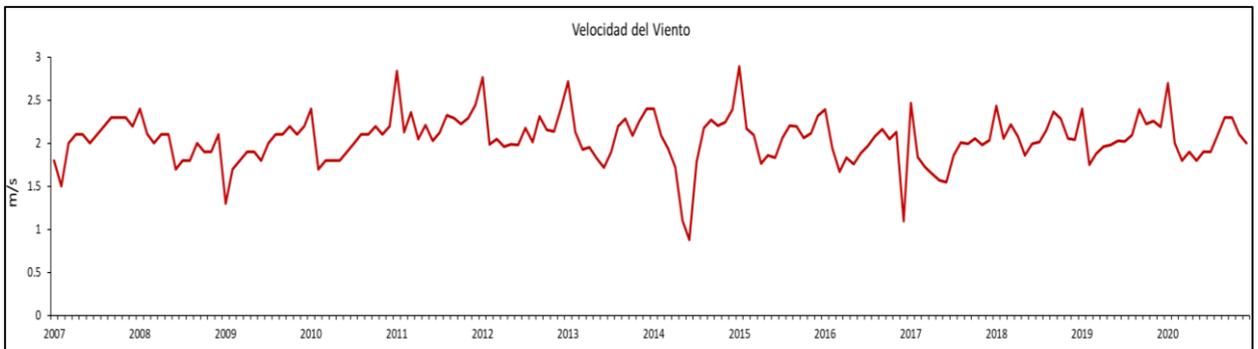
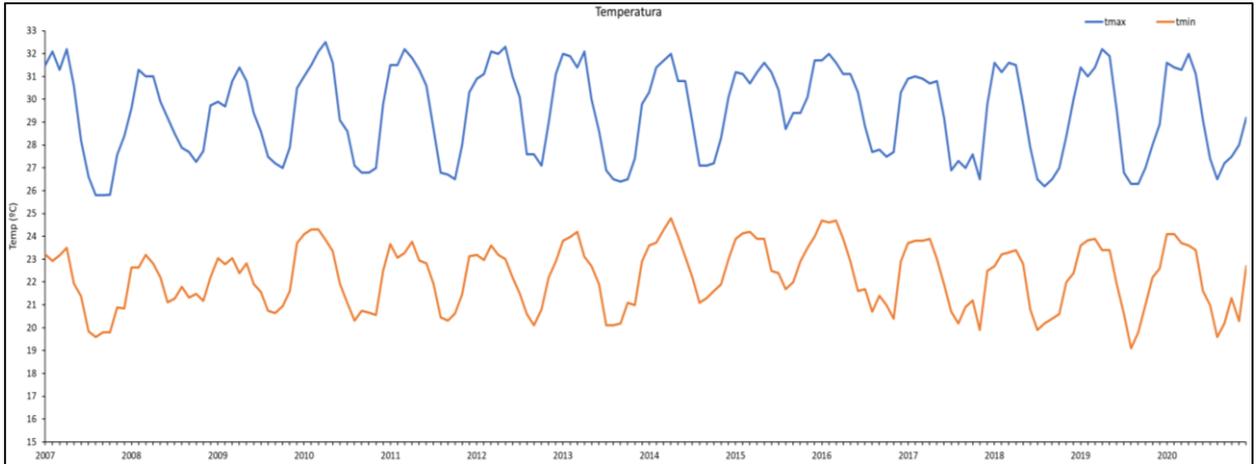
Lat	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
-5	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28
-10	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29
-15	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29
-20	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30
-25	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31
-30	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.24	0.26	0.27	0.29	0.31	0.32
-35	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22	0.23	0.26	0.27	0.29	0.31	0.32
-40	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34
-42	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34
-44	0.34	0.31	0.28	0.25	0.11	0.20	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35
-46	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35
-48	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36
-50	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36
-52	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37
-54	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38
-56	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39
-58	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40
-60	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41

ANEXO 6: Tensión de vapor de saturación e°, (mb) o (hPa), en función de la Temperatura

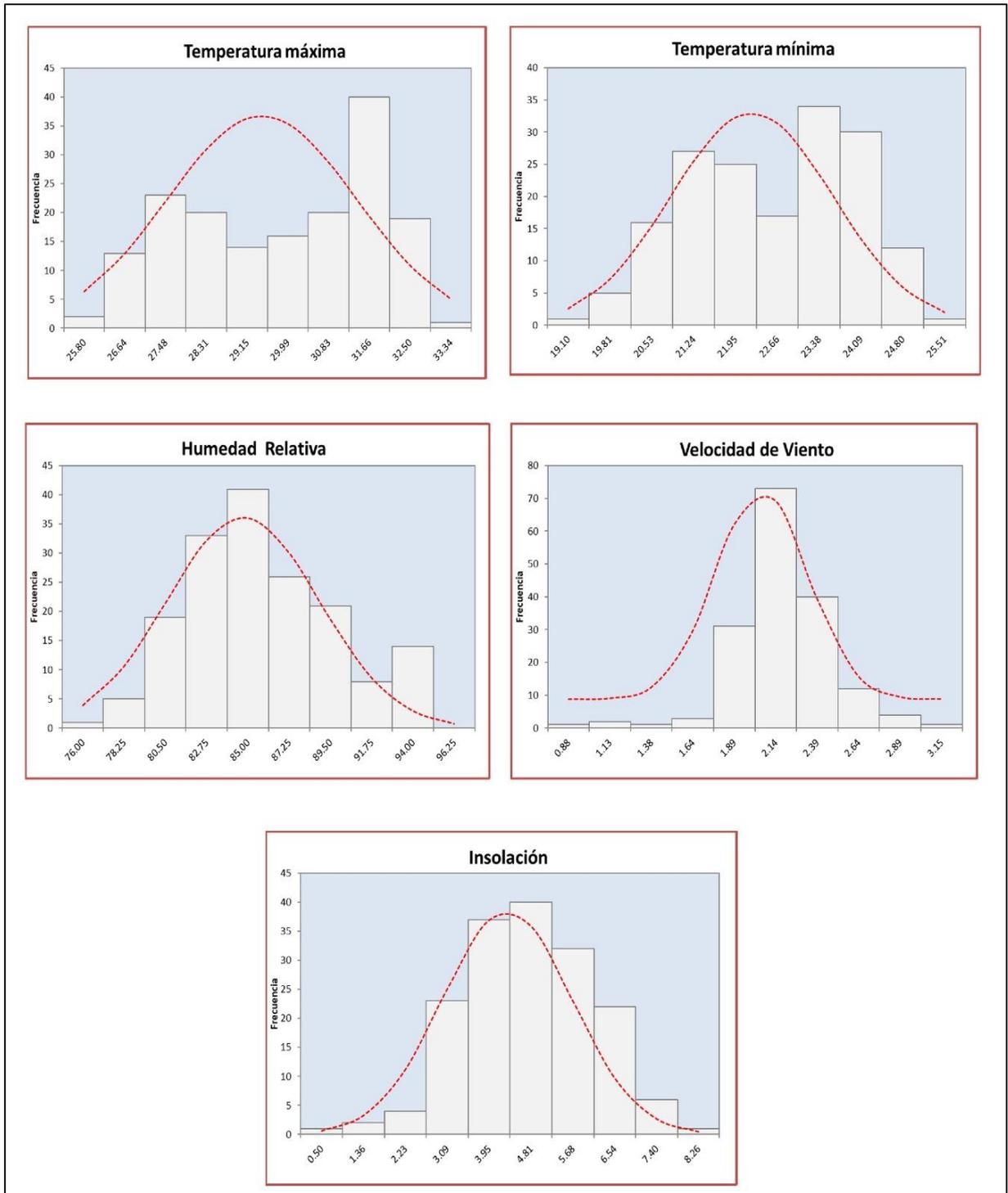
T[°C]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
5	8,74	8,80	8,86	8,92	8,98	9,04	9,11	9,17	9,23	9,30
6	9,36	9,43	9,49	9,56	9,63	9,69	9,76	9,83	9,89	9,96
7	10,03	10,10	10,17	10,24	10,31	10,38	10,45	10,52	10,60	10,67
8	10,74	10,81	10,89	10,96	11,04	11,11	11,19	11,26	11,34	11,42
9	11,49	11,57	11,65	11,73	11,81	11,89	11,97	12,05	12,13	12,21
10	12,29	12,37	12,46	12,54	12,62	12,71	12,79	12,88	12,97	13,05
11	13,14	13,23	13,31	13,40	13,49	13,58	13,67	13,76	13,85	13,94
12	14,04	14,13	14,22	14,32	14,41	14,51	14,60	14,70	14,79	14,89
13	14,99	15,09	15,18	15,28	15,38	15,48	15,59	15,69	15,79	15,89
14	15,99	16,10	16,20	16,31	16,41	16,52	16,63	16,73	16,84	16,95
15	17,06	17,17	17,28	17,39	17,50	17,62	17,73	17,84	17,96	18,07
16	18,19	18,31	18,42	18,54	18,66	18,78	18,90	19,02	19,14	19,26
17	19,38	19,50	19,63	19,75	19,88	20,00	20,13	20,26	20,38	20,51
18	20,64	20,77	20,90	21,03	21,17	21,30	21,43	21,57	21,70	21,84
19	21,97	22,11	22,25	22,39	22,53	22,67	22,81	22,95	23,09	23,24
20	23,38	23,53	23,67	23,82	23,97	24,11	24,26	24,41	24,56	24,71
21	24,87	25,02	25,17	25,33	25,48	25,64	25,80	25,95	26,11	26,27
22	26,43	26,59	26,76	26,92	27,08	27,25	27,41	27,58	27,75	27,92
23	28,09	28,26	28,43	28,60	28,77	28,95	29,12	29,30	29,47	29,65
24	29,83	30,01	30,19	30,37	30,55	30,73	30,92	31,10	31,29	31,48

Fuente: (Almorox et al., 2008)

ANEXO 7: Series Temporales registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020

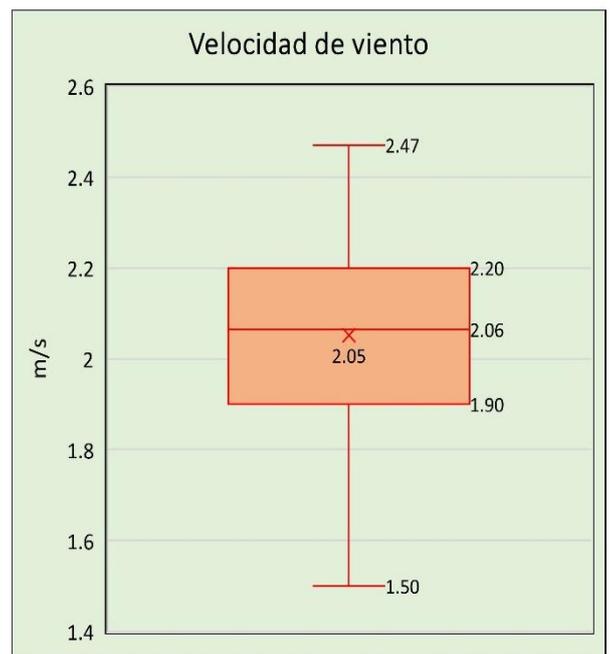
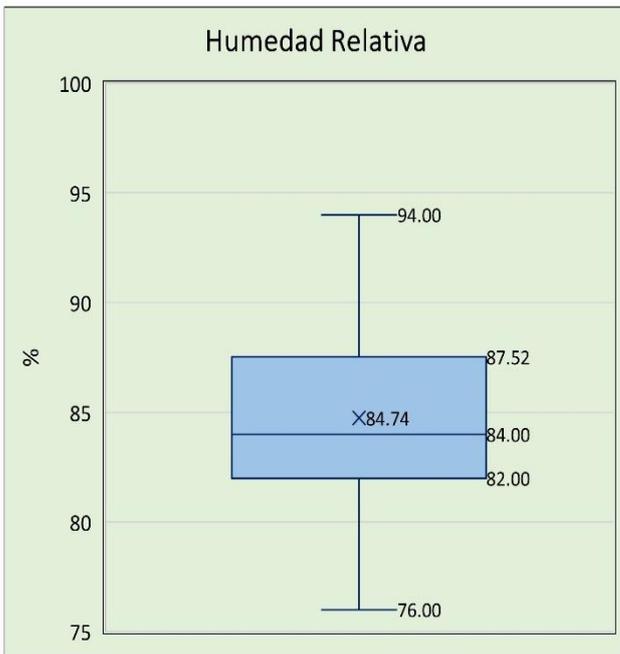
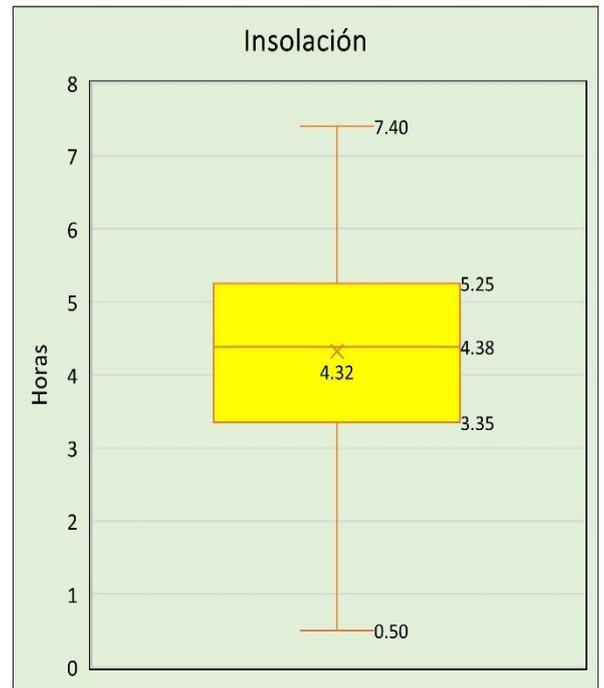
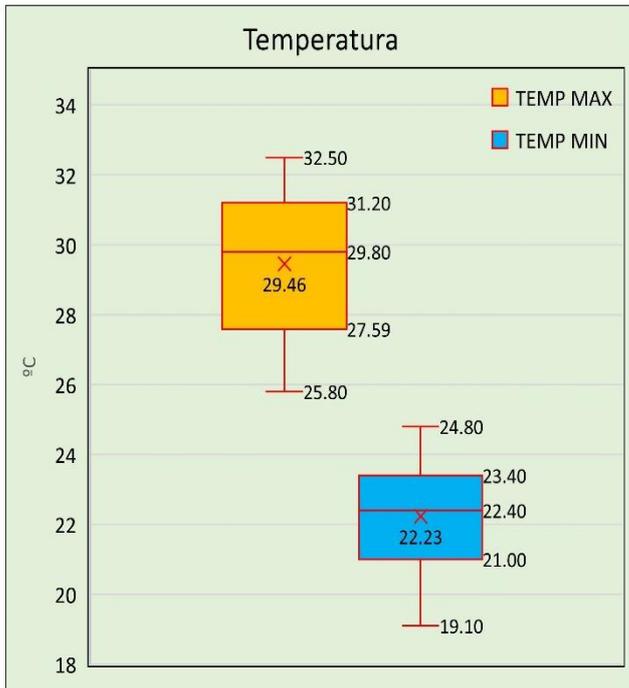


ANEXO 8: Histogramas de las variables meteorológicas registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020



ANEXO 9: Gráfico de Cajas de las variables meteorológicas registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 - 2020

GRÁFICO DE CAJAS - VARIABLES CLIMÁTICAS
ESTACION TUMPIIS



ANEXO 10: Análisis de Tendencia en la media y varianza, de las variables meteorológicas registradas en la Estación Tumpis, durante el periodo 2007 – 2020.

Temperatura Máxima (°C)

t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t
1	31,50	31,50	25	29,90	747,50	49	31,50	1543,50	73	32,00	2336,00
2	32,10	64,20	26	29,70	772,20	50	31,50	1575,00	74	31,90	2360,60
3	31,30	93,90	27	30,80	831,60	51	32,20	1642,20	75	31,40	2355,00
4	32,20	128,80	28	31,40	879,20	52	31,80	1653,60	76	32,10	2439,60
5	30,60	153,00	29	30,80	893,20	53	31,30	1658,90	77	30,00	2310,00
6	28,20	169,20	30	29,40	882,00	54	30,60	1652,40	78	28,60	2230,80
7	26,60	186,20	31	28,60	886,60	55	28,70	1578,50	79	26,90	2125,10
8	25,80	206,40	32	27,50	880,00	56	26,80	1500,80	80	26,50	2120,00
9	25,80	232,20	33	27,20	897,60	57	26,70	1521,90	81	26,40	2138,40
10	25,83	258,32	34	27,00	918,00	58	26,50	1537,00	82	26,50	2173,00
11	27,58	303,38	35	27,90	976,50	59	28,00	1652,00	83	27,40	2274,20
12	28,39	340,72	36	30,50	1098,00	60	30,30	1818,00	84	29,80	2503,20
13	29,60	384,80	37	31,00	1147,00	61	30,90	1884,90	85	30,30	2575,50
14	31,30	438,20	38	31,50	1197,00	62	31,10	1928,20	86	31,40	2700,40
15	31,00	465,00	39	32,10	1251,90	63	32,10	2022,30	87	31,70	2757,90
16	31,00	496,00	40	32,50	1300,00	64	32,00	2048,00	88	32,00	2816,00
17	29,90	508,30	41	31,60	1295,60	65	32,30	2099,50	89	30,80	2741,20
18	29,20	525,60	42	29,10	1222,20	66	31,00	2046,00	90	30,80	2772,00
19	28,50	541,50	43	28,60	1229,80	67	30,10	2016,70	91	29,00	2639,00
20	27,87	557,48	44	27,10	1192,40	68	27,60	1876,80	92	27,10	2493,20
21	27,70	581,70	45	26,80	1206,00	69	27,60	1904,40	93	27,10	2520,30
22	27,25	599,61	46	26,80	1232,80	70	27,10	1897,00	94	27,20	2556,80
23	27,73	637,87	47	27,00	1269,00	71	29,00	2059,00	95	28,30	2688,50
24	29,73	713,57	48	29,80	1430,40	72	31,10	2239,20	96	30,10	2889,60
97	31,20	3026,40	121	30,90	3738,90	145	31,40	4553,00			
98	31,10	3047,80	122	31,00	3782,00	146	31,00	4526,00			
99	30,70	3039,30	123	30,90	3800,70	147	31,40	4615,80			
100	31,20	3120,00	124	30,70	3806,80	148	32,20	4765,60			
101	31,60	3191,60	125	30,80	3850,00	149	31,90	4753,10			
102	31,20	3182,40	126	29,20	3679,20	150	29,50	4425,00			
103	30,40	3131,20	127	26,90	3416,30	151	26,80	4046,80			
104	28,70	2984,80	128	27,30	3494,40	152	26,30	3997,60			
105	29,40	3087,00	129	27,00	3483,00	153	26,30	4023,90			
106	29,40	3116,40	130	27,60	3588,00	154	27,00	4158,00			
107	30,10	3220,70	131	26,50	3471,50	155	28,00	4340,00			
108	31,70	3423,60	132	29,80	3933,60	156	28,90	4508,40			
109	31,70	3455,30	133	31,60	4202,80	157	31,60	4961,20			
110	32,00	3520,00	134	31,20	4180,80	158	31,40	4961,20			
111	31,60	3507,60	135	31,60	4266,00	159	31,30	4976,70			
112	31,10	3483,20	136	31,50	4284,00	160	32,00	5120,00			
113	31,10	3514,30	137	29,80	4082,60	161	31,10	5007,10			
114	30,30	3454,20	138	27,90	3850,20	162	29,10	4714,20			
115	28,80	3312,00	139	26,50	3683,50	163	27,40	4466,20			
116	27,70	3213,20	140	26,20	3668,00	164	26,50	4346,00			
117	27,80	3252,60	141	26,50	3736,50	165	27,20	4488,00			
118	27,50	3245,00	142	27,00	3834,00	166	27,50	4565,00			
119	27,70	3296,30	143	28,40	4061,20	167	28,00	4676,00			
120	30,30	3636,00	144	30,00	4320,00	168	29,20	4905,60			

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	84,5	29,46	2486,32
DESEST	48,64	1,95	1429,25

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

a) determinacion de los parametros

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{mi}$$

i =	168 meses
t prom =	84,5
St =	48,64

Tm prom =	29,46
Stm =	1,95
(t*Tm) prom =	2,486,32

b) Hallamos el valor de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{T_m}}$$

R =	-0,028
-----	--------

c) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	0,3608
------------------	--------

Buscamos el Tt

G.L.	166,000
α/2 =	0,025



T _t =	1,96
------------------	------

Comparamos:

T _c	T _t
0,3608	1,96



Como: T_t > T_c, No corregir

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA VARIANZA

a) Dispersion para cada periodpo anual

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2007	1	2,574	2,57
2008	2	1,422	2,84
2009	3	1,543	4,63
2010	4	2,217	8,87
2011	5	2,182	10,91
2012	6	1,873	11,24
2013	7	2,348	16,43
2014	8	1,842	14,73
2015	9	0,968	8,71
2016	10	1,776	17,76
2017	11	1,847	20,31
2018	12	2,178	26,13
2019	13	2,301	29,91
2020	14	2,023	28,33

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	7,50	2	14,527
DESEST	4,1833001	0,4221937	9,099442

b) determinamos:

i=	14
t prom=	7,50
St=	4,18

Sp=	2
Ssp=	0,42
(T*Sp) prom	14,53

c) Calculo de R

$$R = \frac{\bar{tT}_m - \bar{t} \cdot \bar{T}_m}{S_t \cdot S_{tm}}$$

R=	0,007
----	-------

d) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	0,026
------------------	-------

Buscamos el Tt

G.L.	12,000
α/2 =	0,025



T _t =	2,1788
------------------	--------

Comparamos:

T _c	T _t
0,0259	2,1788



Como: T_t > T_c, No corregir

Temperatura Mínima (°C)

t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t
1	23,21	23,21	25	23,04	575,97	49	23,67	1159,88	73	23,80	1737,40
2	22,92	45,84	26	22,77	592,06	50	23,07	1153,57	74	23,96	1773,36
3	23,17	69,52	27	23,04	622,13	51	23,28	1187,31	75	24,20	1815,00
4	23,51	94,04	28	22,40	627,20	52	23,78	1236,39	76	23,10	1755,60
5	21,94	109,70	29	22,81	661,57	53	22,94	1215,92	77	22,70	1747,90
6	21,39	128,32	30	21,92	657,52	54	22,82	1232,46	78	21,90	1708,20
7	19,84	138,87	31	21,58	668,90	55	21,91	1205,03	79	20,10	1587,90
8	19,59	156,75	32	20,75	664,05	56	20,45	1145,29	80	20,10	1608,00
9	19,80	178,17	33	20,64	681,12	57	20,32	1158,24	81	20,20	1636,20
10	19,79	197,94	34	20,95	712,35	58	20,63	1196,48	82	21,10	1730,20
11	20,90	229,86	35	21,60	756,12	59	21,47	1266,93	83	21,00	1743,00
12	20,84	250,10	36	23,70	854,32	60	23,13	1387,74	84	22,90	1923,60
13	22,63	294,18	37	24,10	891,82	61	23,20	1415,20	85	23,60	2006,00
14	22,63	316,80	38	24,31	923,67	62	22,96	1423,43	86	23,73	2040,66
15	23,20	348,00	39	24,30	947,57	63	23,60	1486,80	87	24,30	2114,10
16	22,81	364,91	40	23,85	954,16	64	23,20	1484,80	88	24,80	2182,40
17	22,20	377,45	41	23,36	957,95	65	23,00	1495,00	89	24,00	2136,00
18	21,12	380,22	42	21,93	921,06	66	22,20	1465,20	90	23,10	2079,00
19	21,28	404,27	43	21,08	906,61	67	21,50	1440,50	91	22,20	2020,20
20	21,80	435,98	44	20,32	894,05	68	20,60	1400,80	92	21,10	1941,20
21	21,32	447,79	45	20,74	933,45	69	20,10	1386,90	93	21,30	1980,90
22	21,48	472,65	46	20,66	950,27	70	20,80	1456,00	94	21,60	2030,40
23	21,17	486,99	47	20,57	966,63	71	22,20	1576,20	95	21,90	2080,50
24	22,20	532,80	48	22,49	1079,69	72	22,90	1648,80	96	23,00	2208,00

t	Tmpz	Tm*t									
97	23,90	2318,30	121	23,70	2867,70	145	23,60	3422,00	119	20,40	2427,60
98	24,14	2366,00	122	23,81	2905,34	146	23,82	3477,93	120	22,90	2748,00
99	24,20	2395,80	123	23,80	2927,40	147	23,90	3513,30			
100	23,90	2390,00	124	23,90	2963,60	148	23,40	3463,20			
101	23,90	2413,90	125	23,00	2875,00	149	23,40	3486,60			
102	22,50	2295,00	126	21,90	2759,40	150	21,90	3285,00			
103	22,40	2307,20	127	20,70	2628,90	151	20,60	3110,60			
104	21,70	2256,80	128	20,20	2585,60	152	19,10	2903,20			
105	22,00	2310,00	129	20,90	2696,10	153	19,80	3029,40			
106	22,90	2427,40	130	21,20	2756,00	154	21,00	3234,00			
107	23,50	2514,50	131	19,90	2606,90	155	22,20	3441,00			
108	24,00	2592,00	132	22,50	2970,00	156	22,60	3525,60			
109	24,70	2692,30	133	22,70	3019,10	157	24,10	3783,70			
110	24,60	2706,38	134	23,20	3109,28	158	24,10	3807,80			
111	24,70	2741,70	135	23,30	3145,50	159	23,70	3768,30			
112	23,90	2676,80	136	23,40	3182,40	160	23,60	3776,00			
113	22,90	2587,70	137	22,80	3123,60	161	23,40	3767,40			
114	21,60	2462,40	138	20,80	2870,40	162	21,60	3499,20			
115	21,70	2495,50	139	19,90	2766,10	163	21,00	3423,00			
116	20,70	2401,20	140	20,20	2828,00	164	19,60	3214,40			
117	21,40	2503,80	141	20,40	2876,40	165	20,20	3333,00			
118	21,00	2478,00	142	20,60	2925,20	166	21,30	3535,80			
119	20,40	2427,60	143	22,00	3146,00	167	20,30	3390,10			
120	22,90	2748,00	144	22,40	3225,60	168	22,70	3813,60			

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	84,5	22,23	1880,75
DESEST	48,64	1,39	1082,29

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

a) determinacion de los parametros

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{mi}$$

i =	168 meses
t prom =	84,5
St =	48,64

Tm prom =	22,23
Stm =	1,39
(t*Tm) prom =	1,880,75

b) Hallamos el valor de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{T_m}}$$

R =	0,033
-----	-------

c) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	0,4281
------------------	--------

Buscamos el Tt

G.L.	166,000
α/2 =	0,025



T _t =	1,96
------------------	------

Comparamos:

T _c	T _t
0,4281	1,96



Como: T_t > T_c, No corregir

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA VARIANZA

a) Dispersion para cada periodo anual

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2007	1	1,504	1,50
2008	2	0,720	1,44
2009	3	1,009	3,03
2010	4	1,610	6,44
2011	5	1,278	6,39
2012	6	1,171	7,03
2013	7	1,556	10,89
2014	8	1,243	9,94
2015	9	0,903	8,12
2016	10	1,622	16,22
2017	11	1,516	16,68
2018	12	1,333	16,00
2019	13	1,648	21,43
2020	14	1,653	23,14

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	7,50	1	10,589
DESEST	4,1833001	0,3008694	7,073913

b) determinamos:

i=	14
t prom=	7,50
St=	4,18

Sp=	1
Ssp=	0,30

(T*Sp) prom	10,59
-------------	-------

c) Calculo de R

$$R = \frac{t\overline{T}_m - \bar{t} \cdot \overline{T}_m}{S_t \cdot S_{tm}}$$

R=	0,426
----	-------

d) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	1,630
------------------	-------

Buscamos el Tt

G.L.	12,000
α/2 =	0,025



T _t =	2,1788
------------------	--------

Comparamos:

T _c	T _t
1,6296	2,1788



Como: T_t > T_c, No corregir

Humedad Relativa (%)

1	86,00	86,00	25	85,00	2125,00	49	89,00	4361,00	73	82,00	5986,00
2	83,00	166,00	26	85,00	2210,00	50	86,00	4300,00	74	83,00	6142,00
3	94,00	282,00	27	83,00	2241,00	51	78,00	3978,00	75	87,00	6525,00
4	78,00	312,00	28	80,00	2240,00	52	82,00	4264,00	76	84,00	6384,00
5	76,00	380,00	29	79,00	2291,00	53	82,00	4346,00	77	82,00	6314,00
6	82,00	492,00	30	79,00	2370,00	54	81,00	4374,00	78	94,00	7332,00
7	82,00	574,00	31	79,00	2449,00	55	83,00	4565,00	79	94,00	7426,00
8	88,00	704,00	32	82,00	2624,00	56	86,00	4816,00	80	94,00	7520,00
9	92,00	828,00	33	82,00	2706,00	57	86,00	4902,00	81	94,00	7614,00
10	91,00	910,00	34	81,00	2754,00	58	88,00	5104,00	82	94,00	7708,00
11	86,00	946,00	35	80,00	2800,00	59	81,00	4779,00	83	94,00	7802,00
12	94,00	1128,00	36	79,00	2844,00	60	78,00	4680,00	84	94,00	7896,00
13	84,00	1092,00	37	82,00	3034,00	61	84,00	5124,00	85	84,00	7140,00
14	82,00	1148,00	38	85,00	3230,00	62	87,00	5394,00	86	80,00	6880,00
15	83,00	1245,00	39	84,00	3276,00	63	85,00	5355,00	87	79,65	6929,13
16	82,00	1312,00	40	83,00	3320,00	64	81,00	5184,00	88	79,93	7034,13
17	84,00	1428,00	41	80,00	3280,00	65	81,00	5265,00	89	83,84	7461,65
18	83,00	1494,00	42	81,00	3402,00	66	82,00	5412,00	90	81,77	7359,00
19	81,00	1539,00	43	79,00	3397,00	67	82,00	5494,00	91	82,74	7529,52
20	84,00	1680,00	44	87,00	3828,00	68	85,00	5780,00	92	85,48	7864,52
21	81,00	1701,00	45	92,00	4140,00	69	85,00	5865,00	93	83,80	7793,40
22	81,00	1782,00	46	89,00	4094,00	70	83,00	5810,00	94	85,32	8020,32
23	82,00	1886,00	47	92,00	4324,00	71	84,00	5964,00	95	81,03	7698,17
24	80,00	1920,00	48	90,00	4320,00	72	79,00	5688,00	96	81,03	7779,20
97	77,00	7469,00	121	82,00	9922,00	145	92,00	13340,00			
98	82,00	8036,00	122	87,00	10614,00	146	89,00	12994,00			
99	84,03	8319,19	123	89,16	10966,84	147	87,65	12883,84			
100	84,07	8406,67	124	88,77	11007,07	148	84,67	12530,67			
101	83,87	8470,97	125	87,29	10911,29	149	84,00	12516,00			
102	83,17	8483,00	126	87,60	11037,60	150	86,80	13020,00			
103	78,87	8123,71	127	88,19	11200,58	151	90,45	13658,19			
104	80,97	8420,65	128	88,58	11338,32	152	87,61	13317,16			
105	79,83	8382,50	129	87,13	11240,20	153	90,97	13917,90			
106	82,94	8791,16	130	86,10	11192,58	154	91,94	14158,06			
107	79,63	8520,77	131	85,80	11239,80	155	91,27	14146,33			
108	78,74	8504,13	132	83,68	11045,42	156	87,97	13722,97			
109	81,00	8829,00	133	83,00	11039,00	157	85,00	13345,00			
110	84,00	9240,00	134	86,00	11524,00	158	90,00	14220,00			
111	85,68	9510,19	135	85,61	11557,74	159	89,00	14151,00			
112	84,97	9516,27	136	79,20	10771,20	160	86,00	13760,00			
113	80,45	9091,03	137	86,71	11879,23	161	85,00	13685,00			
114	81,73	9317,60	138	85,03	11734,60	162	85,00	13770,00			
115	83,29	9578,39	139	86,74	12057,13	163	88,00	14344,00			
116	81,52	9455,87	140	88,26	12356,13	164	90,00	14760,00			
117	83,33	9750,00	141	88,70	12506,70	165	88,00	14520,00			
118	85,06	10037,61	142	88,42	12555,55	166	91,00	15106,00			
119	84,03	9999,97	143	86,30	12340,90	167	88,00	14696,00			
120	78,23	9387,10	144	86,29	12425,81	168	87,00	14616,00			

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	84,5	84,74	7217,61
DESEST	48,64	4,15	4272,08

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

a) determinacion de los parametros

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{mi}$$

i =	168 meses
t prom =	84,5
St =	48,64

Tm prom =	84,74
Stm =	4,15
(t*Tm) prom =	7217,61

b) Hallamos el valor de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{T_m}}$$

R =	0,003
-----	-------

c) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	0,0366
------------------	--------

Buscamos el Tt

G.L.	166,000
α/2 =	0,025



T _t =	1,96
------------------	------

Comparamos:

T _c	T _t
0,0366	1,96



Como: T_t > T_c, No corregir

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA VARIANZA

a) Dispersion para cada periodo anual

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2007	1	6,015	6,02
2008	2	1,357	2,71
2009	3	2,250	6,75
2010	4	4,599	18,40
2011	5	3,651	18,26
2012	6	2,250	13,50
2013	7	5,499	38,50
2014	8	2,096	16,77
2015	9	2,418	21,77
2016	10	2,217	22,17
2017	11	2,129	23,42
2018	12	2,621	31,45
2019	13	2,714	35,29
2020	14	2,103	29,45

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	7,50	3	20,316
DESEST	4,1833001	1,4060902	10,89267

b) determinamos:

i=	14
t prom=	7,50
St=	4,18

Sp=	3
Ssp=	1,41
(T*Sp) prom	20,32

c) Calculo de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \bar{T_m}}{S_t \cdot S_{tm}}$$

R=	-0,364
----	--------

d) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	-1,354
------------------	--------

Buscamos el Tt

G.L.	12,000
α/2 =	0,025



T _t =	2,1788
------------------	--------

Comparamos:

T _c	T _t
-1,3536	2,1788



Como: T_t > T_c, No corregir

Velocidad del viento (m/s)

t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t
1	1,80	1,80	25	1,30	32,50	49	2,84	139,25	73	2,72	198,51
2	1,50	3,00	26	1,70	44,20	50	2,13	106,61	74	2,13	157,78
3	2,00	6,00	27	1,80	48,60	51	2,36	120,26	75	1,93	144,68
4	2,10	8,40	28	1,90	53,20	52	2,05	106,60	76	1,96	148,71
5	2,10	10,50	29	1,90	55,10	53	2,21	117,28	77	1,83	140,59
6	2,00	12,00	30	1,80	54,00	54	2,03	109,62	78	1,72	133,90
7	2,10	14,70	31	2,00	62,00	55	2,13	116,92	79	1,90	149,85
8	2,20	17,60	32	2,10	67,20	56	2,33	130,25	80	2,20	175,74
9	2,30	20,70	33	2,10	69,30	57	2,29	130,72	81	2,28	184,95
10	2,30	23,00	34	2,20	74,80	58	2,22	128,91	82	2,09	171,38
11	2,30	25,30	35	2,10	73,50	59	2,29	135,11	83	2,26	187,58
12	2,20	26,40	36	2,20	79,20	60	2,45	146,90	84	2,40	201,60
13	2,40	31,20	37	2,40	88,80	61	2,77	168,77	85	2,40	204,00
14	2,11	29,54	38	1,70	64,60	62	1,99	123,11	86	2,09	179,68
15	2,00	30,00	39	1,80	70,20	63	2,05	129,25	87	1,94	168,67
16	2,10	33,60	40	1,80	72,00	64	1,96	125,44	88	1,73	151,95
17	2,10	35,70	41	1,80	73,80	65	1,99	129,35	89	1,10	98,19
18	1,70	30,60	42	1,90	79,80	66	1,98	130,68	90	0,88	79,20
19	1,80	34,20	43	2,00	86,00	67	2,17	145,67	91	1,79	162,63
20	1,80	36,00	44	2,10	92,40	68	2,02	137,10	92	2,18	200,62
21	2,00	42,00	45	2,10	94,50	69	2,31	159,62	93	2,27	211,11
22	1,90	41,80	46	2,20	101,20	70	2,15	150,84	94	2,21	207,41
23	1,90	43,70	47	2,10	98,70	71	2,14	151,94	95	2,24	213,12
24	2,10	50,40	48	2,20	105,60	72	2,40	172,80	96	2,40	230,09
t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t			
97	2,89	280,67	121	2,47	298,99	145	2,40	348,47			
98	2,17	212,45	122	1,84	224,39	146	1,75	255,50			
99	2,09	207,26	123	1,72	211,88	147	1,88	275,98			
100	1,77	176,67	124	1,64	203,77	148	1,96	290,57			
101	1,86	187,66	125	1,57	195,97	149	1,98	295,12			
102	1,83	187,00	126	1,55	195,30	150	2,03	304,00			
103	2,06	212,65	127	1,86	235,97	151	2,02	304,92			
104	2,20	229,14	128	2,01	257,24	152	2,09	318,22			
105	2,20	231,00	129	2,00	257,57	153	2,39	366,18			
106	2,06	218,84	130	2,05	267,13	154	2,23	342,77			
107	2,11	226,13	131	1,98	259,82	155	2,26	349,78			
108	2,32	250,14	132	2,04	268,68	156	2,19	341,69			
109	2,39	260,90	133	2,44	323,92	157	2,70	423,90			
110	1,94	213,32	134	2,06	275,66	158	2,00	316,00			
111	1,67	185,12	135	2,22	299,61	159	1,80	286,20			
112	1,83	204,96	136	2,08	282,43	160	1,90	304,00			
113	1,76	198,66	137	1,86	255,00	161	1,80	289,80			
114	1,89	215,08	138	1,99	275,08	162	1,90	307,80			
115	1,96	225,92	139	2,02	280,24	163	1,90	309,70			
116	2,08	241,35	140	2,15	300,77	164	2,10	344,40			
117	2,16	253,11	141	2,36	333,23	165	2,30	379,50			
118	2,05	242,09	142	2,29	324,77	166	2,30	381,80			
119	2,13	253,87	143	2,06	294,10	167	2,10	350,70			
120	1,10	131,61	144	2,05	294,50	168	2,00	336,00			

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	84,5	2,05	173,51
DESEST	48,64	0,28	103,03

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

a) determinacion de los parametros

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{mi}$$

i =	168 meses
t prom =	84,5
St =	48,64

Tm prom =	2,05
Stm =	0,28
(t*Tm) prom =	173,51

b) Hallamos el valor de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{tm}}$$

R =	0,009
-----	-------

c) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	0,1153
------------------	--------

Buscamos el Tt

G.L.	166,000
α/2 =	0,025



T _t =	1,96
------------------	------

Comparamos:

T _c	T _t
0,1153	1,96



Como: T_t > T_c, No corregir

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA VARIANZA

a) Dispersion para cada periodo anual

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2007	1	0,234	0,23
2008	2	0,189	0,38
2009	3	0,256	0,77
2010	4	0,211	0,84
2011	5	0,218	1,09
2012	6	0,236	1,42
2013	7	0,278	1,95
2014	8	0,492	3,94
2015	9	0,291	2,62
2016	10	0,323	3,23
2017	11	0,258	2,84
2018	12	0,167	2,00
2019	13	0,201	2,61
2020	14	0,261	3,65

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	7,50	0,26	1,969
DESEST	4,1833001	0,0794187	1,21581

b) determinamos:

i=	14
t prom=	7,50
St=	4,18

Sp=	0,26
Ssp=	0,08
(T*Sp) prom	1,97

c) Calculo de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \bar{T_m}}{S_t \cdot S_{tm}}$$

R=	0,057
----	-------

d) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	0,199
------------------	-------

Buscamos el Tt

G.L.	12,000
α/2 =	0,025



T _t =	2,1788
------------------	--------

Comparamos:

T _c	T _t
0,1991	2,1788



Como: T_t > T_c, No corregir

Horas de sol

t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t
1	2,25	2,25	25	3,01	75,32	49	3,97	194,74	73	3,06	223,24
2	2,84	5,69	26	3,63	94,45	50	3,79	189,64	74	5,00	369,74
3	4,03	12,09	27	4,66	125,94	51	6,85	349,60	75	5,06	379,35
4	3,80	15,21	28	5,82	163,05	52	6,10	317,37	76	7,40	562,40
5	0,50	2,50	29	5,46	158,47	53	5,81	307,91	77	4,55	350,47
6	1,38	8,26	30	3,91	117,20	54	3,99	215,28	78	3,07	239,20
7	4,06	28,43	31	4,88	151,20	55	3,12	171,56	79	2,77	218,91
8	2,48	19,87	32	3,35	107,05	56	3,39	189,68	80	3,99	319,23
9	2,92	26,28	33	3,24	107,03	57	3,67	209,19	81	4,57	369,90
10	1,08	10,81	34	3,14	106,83	58	2,21	127,97	82	3,51	287,53
11	0,86	9,46	35	3,03	106,05	59	3,45	203,75	83	4,54	377,10
12	3,34	40,10	36	3,67	132,04	60	3,49	209,23	84	5,87	493,16
13	2,06	26,75	37	2,42	89,40	61	3,12	190,28	85	4,38	372,63
14	3,69	51,66	38	2,42	92,01	62	5,02	311,50	86	4,39	377,79
15	5,20	77,95	39	4,38	170,97	63	6,45	406,45	87	5,51	479,62
16	5,57	89,12	40	5,68	227,33	64	5,90	377,81	88	5,01	441,17
17	3,43	58,35	41	3,75	153,55	65	5,17	335,90	89	5,61	498,97
18	2,89	52,08	42	2,28	95,76	66	3,95	260,70	90	5,32	479,10
19	3,29	62,52	43	3,04	130,53	67	4,63	310,36	91	6,55	595,90
20	2,28	45,55	44	3,12	137,39	68	2,83	192,15	92	4,51	414,89
21	2,71	56,84	45	1,58	71,10	69	3,50	241,73	93	4,66	433,07
22	2,57	56,56	46	2,58	118,71	70	2,64	184,48	94	4,18	392,68
23	3,44	79,12	47	2,67	125,65	71	3,20	227,44	95	5,45	518,07
24	3,94	94,61	48	2,40	115,20	72	4,83	347,69	96	5,86	562,37
t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t	t	Tmpz	Tm*t
97	5,00	484,69	121	4,14	500,78	145	4,75	688,98			
98	4,80	470,05	122	6,31	770,34	146	3,68	537,59			
99	5,44	538,11	123	4,69	576,91	147	4,75	697,54			
100	6,27	627,00	124	7,10	880,40	148	6,05	894,91			
101	6,71	678,00	125	6,12	764,52	149	5,29	787,78			
102	6,43	656,20	126	4,22	532,14	150	5,27	790,63			
103	5,53	569,49	127	4,14	525,62	151	4,38	660,99			
104	5,90	613,60	128	5,10	652,80	152	4,67	710,48			
105	5,64	591,85	129	3,31	427,42	153	5,02	768,06			
106	4,32	457,85	130	3,86	501,55	154	3,18	490,42			
107	4,99	533,57	131	3,64	476,40	155	3,36	520,28			
108	5,19	560,55	132	4,40	581,23	156	3,97	618,97			
109	4,56	497,18	133	5,54	737,08	157	5,97	936,94			
110	4,08	448,72	134	4,57	612,09	158	5,14	812,88			
111	4,86	539,25	135	5,48	740,32	159	6,26	996,06			
112	5,99	671,25	136	6,98	949,28	160	6,29	1006,40			
113	7,17	810,32	137	4,37	599,26	161	5,07	816,43			
114	6,37	725,80	138	4,90	676,20	162	4,56	738,72			
115	5,07	583,16	139	3,40	472,15	163	3,73	607,83			
116	5,69	660,08	140	3,22	451,16	164	5,08	832,70			
117	4,78	559,26	141	4,41	621,34	165	4,36	719,40			
118	3,72	439,26	142	3,38	479,59	166	4,60	764,14			
119	5,95	708,45	143	2,91	415,65	167	4,69	783,79			
120	5,85	702,58	144	4,61	663,79	168	3,97	666,58			

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	84,5	4,32	394,74
DESEST	48,64	1,34	265,41

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

a) determinacion de los parametros

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{mi}$$

i =	168 meses
t prom =	84,5
St =	48,64

Tm prom =	4,32
Stm=	1,34
(t*Tm) prom=	394,74

b) Hallamos el valor de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{tm}}$$

R=	0,046
-----------	--------------

c) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T_c =	0,5880
------------------------	---------------

Buscamos el Tt

G.L.	166,000
α/2 =	0,025



T_t =	1,96
------------------------	-------------

Comparamos:

T_c	T_t
0,5880	1,96



Como: T_t > T_c, No corregir

ANALISIS DE TENDENCIA EN LA VARIANZA

a) Dispersion para cada periodpo anual

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2007	1	1,261	1,26
2008	2	1,079	2,16
2009	3	0,981	2,94
2010	4	1,109	4,44
2011	5	1,370	6,85
2012	6	1,249	7,49
2013	7	1,321	9,25
2014	8	0,719	5,75
2015	9	0,715	6,43
2016	10	1,001	10,01
2017	11	1,176	12,93
2018	12	1,170	14,04
2019	13	0,854	11,10
2020	14	0,840	11,76

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	7,50	1	7,601
DESEST	4,1833001	0,215649	4,064998

b) determinamos:

i=	14
t prom=	7,50
St=	4,18

Sp=	1
Ssp=	0,22
(T*Sp) prom	7,60

c) Calculo de R

$$R = \frac{\overline{tT_m} - \bar{t} \cdot \bar{T_m}}{S_t \cdot S_{T_m}}$$

R=	-0,389
----	--------

d) Se realiza la prueba T

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}}$$

T _c =	-1,464
------------------	--------

Buscamos el Tt

G.L.	12,000
α/2 =	0,025



T _t =	2,1788
------------------	--------

Comparamos:

T _c	T _t
-1,4636	2,1788



Como: T_t > T_c, No corregir

ANEXO 11: Determinación de la Evapotranspiración de Referencia en mm/día con métodos empíricos, para la Estación Tumpis

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2007	ENERO	3,04	4,99	3,73	4,61	5,72	2,23	3,82	3,75	4,42
	FEBRERO	3,36	5,16	4,27	4,97	5,74	3,01	4,64	3,88	4,44
	MARZO	3,27	4,96	2,61	4,62	5,70	0,95	3,72	3,73	4,40
	ABRIL	3,82	5,33	4,42	4,64	5,65	3,69	4,21	3,77	4,50
	MAYO	2,95	4,36	4,10	4,16	5,46	3,66	3,75	3,35	4,24
	JUNIO	2,64	3,61	3,23	3,41	5,27	2,68	2,94	2,70	4,00
	JULIO	3,02	2,90	3,20	3,32	5,08	2,43	2,62	2,42	3,75
	AGOSTO	2,58	2,71	2,82	3,34	5,01	1,59	2,37	2,28	3,66
	SETIEMBRE	2,62	2,76	2,51	3,47	5,03	1,10	2,40	2,26	3,68
	OCTUBRE	2,31	2,79	2,78	3,57	5,14	1,19	2,33	2,40	3,68
	NOVIEMBRE	2,56	3,43	3,48	3,85	5,32	2,04	2,83	2,73	3,91
	DICIEMBRE	2,73	3,60	2,34	4,09	5,37	0,86	3,08	3,17	3,97

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2008	ENERO	3,08	4,26	3,99	4,11	5,56	2,43	3,11	3,29	4,22
	FEBRERO	3,67	4,66	4,25	4,78	5,67	3,02	4,15	3,70	4,20
	MARZO	3,97	4,88	4,40	4,51	5,68	2,68	3,58	3,57	4,38
	ABRIL	3,97	4,75	4,00	4,41	5,54	2,91	3,81	3,51	4,34
	MAYO	3,13	4,21	3,35	3,90	5,43	2,42	3,36	3,21	4,21
	JUNIO	2,81	3,75	3,14	3,75	5,32	2,57	3,44	3,10	4,06
	JULIO	2,96	3,60	3,28	3,58	5,29	2,75	3,00	2,93	4,02
	AGOSTO	2,79	3,60	3,25	3,48	5,28	2,31	2,62	2,72	4,01
	SETIEMBRE	3,14	3,45	3,87	3,72	5,24	2,79	2,76	2,70	3,96
	OCTUBRE	3,12	3,41	4,04	3,62	5,34	2,69	2,45	2,60	3,93
	NOVIEMBRE	3,21	3,48	3,95	3,83	5,35	2,64	2,81	2,87	3,95
	DICIEMBRE	3,55	4,26	4,27	4,21	5,54	3,02	3,28	3,26	4,19

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2009	ENERO	3,14	4,46	3,86	4,11	5,60	2,31	3,13	3,26	4,27
	FEBRERO	3,37	4,39	4,01	4,20	5,57	2,53	3,45	3,30	4,24
	MARZO	3,79	4,77	4,40	4,48	5,66	2,66	3,53	3,53	4,35
	ABRIL	4,06	4,74	4,22	4,63	5,54	3,23	4,12	3,70	4,34
	MAYO	3,77	4,64	3,83	4,04	5,52	3,27	3,60	3,42	4,33
	JUNIO	3,19	4,01	3,49	3,65	5,38	3,23	3,32	3,11	4,14
	JULIO	3,41	3,70	3,45	3,54	5,31	3,06	2,97	2,86	4,05
	AGOSTO	3,09	3,25	3,45	3,61	5,19	2,52	2,73	2,66	3,90
	SETIEMBRE	3,18	3,16	3,76	3,72	5,17	2,58	2,73	2,61	3,86
	OCTUBRE	3,24	3,22	4,04	3,67	5,29	2,65	2,49	2,61	3,87
	NOVIEMBRE	3,23	3,62	4,16	3,78	5,39	2,97	2,77	2,99	4,00
	DICIEMBRE	3,66	4,94	4,38	4,11	5,68	3,31	3,21	3,37	4,38

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2010	ENERO	3,34	5,13	4,23	4,22	5,74	2,89	3,32	3,61	4,45
	FEBRERO	3,20	5,44	4,01	4,44	5,79	2,70	3,87	3,75	4,51
	MARZO	3,81	5,61	4,27	4,63	5,82	2,63	3,79	3,89	4,55
	ABRIL	4,05	5,58	3,89	4,66	5,69	2,88	4,26	3,94	4,55
	MAYO	3,43	5,06	3,74	4,17	5,61	3,20	3,82	3,56	4,44
	JUNIO	2,85	3,91	3,32	3,56	5,36	2,91	3,19	3,02	4,12
	JULIO	3,06	3,54	3,45	3,64	5,28	3,03	3,09	2,85	4,01
	AGOSTO	2,82	3,02	2,93	3,58	5,14	1,79	2,68	2,59	3,83
	SETIEMBRE	2,42	3,06	2,51	3,56	5,15	1,14	2,55	2,49	3,84
	OCTUBRE	2,80	3,07	3,07	3,68	5,26	1,52	2,49	2,50	3,83
	NOVIEMBRE	2,64	3,12	2,63	3,74	5,26	1,14	2,67	2,77	3,84
	DICIEMBRE	2,79	4,34	3,02	4,17	5,56	1,52	3,23	3,40	4,22

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2011	ENERO	3,47	5,15	3,31	4,50	5,75	1,77	3,68	3,69	4,45
	FEBRERO	3,57	5,03	3,88	4,74	5,71	2,46	4,26	3,78	4,41
	MARZO	4,76	5,29	5,00	4,90	5,77	3,55	4,13	3,94	4,48
	ABRIL	4,17	5,31	4,00	4,46	5,65	3,01	3,92	3,74	4,49
	MAYO	3,83	4,83	3,55	4,17	5,56	2,84	3,79	3,64	4,38
	JUNIO	3,29	4,59	3,32	3,81	5,51	3,05	3,62	3,34	4,31
	JULIO	2,98	3,78	3,11	3,50	5,34	2,50	2,92	2,81	4,09
	AGOSTO	2,93	2,98	3,04	3,46	5,13	1,92	2,54	2,49	3,81
	SEPTIEMBRE	3,11	2,93	3,32	3,64	5,12	1,98	2,62	2,48	3,80
	OCTUBRE	2,72	2,98	3,21	3,58	5,24	1,64	2,38	2,53	3,80
	NOVIEMBRE	3,34	3,58	4,06	3,85	5,38	2,82	2,84	2,98	3,99
	DICIEMBRE	3,66	4,68	4,48	4,18	5,64	3,42	3,28	3,48	4,31

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2012	ENERO	3,48	4,80	3,99	4,41	5,68	2,52	3,53	3,56	4,37
	FEBRERO	3,77	4,69	3,61	4,63	5,68	2,18	3,95	3,70	4,21
	MARZO	4,33	5,37	4,13	4,79	5,78	2,43	3,99	3,87	4,50
	ABRIL	4,14	5,19	4,11	4,65	5,62	3,15	4,19	3,88	4,46
	MAYO	3,78	5,17	3,65	4,45	5,63	3,06	4,26	3,86	4,46
	JUNIO	3,27	4,51	3,23	4,04	5,50	2,88	3,98	3,52	4,29
	JULIO	3,41	4,03	3,20	3,98	5,40	2,70	3,63	3,20	4,17
	AGOSTO	2,88	3,17	3,15	3,67	5,19	2,10	2,81	2,68	3,89
	SEPTIEMBRE	3,17	3,06	3,43	3,97	5,16	2,15	3,03	2,73	3,85
	OCTUBRE	3,04	3,13	3,82	3,75	5,28	2,37	2,57	2,73	3,87
	NOVIEMBRE	3,20	4,02	3,72	4,01	5,49	2,46	3,07	3,18	4,13
	DICIEMBRE	3,98	4,86	4,38	4,50	5,67	3,30	3,71	3,63	4,36

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2013	ENERO	3,64	5,35	4,23	4,64	5,79	2,92	3,89	3,87	4,50
	FEBRERO	4,04	5,45	4,27	4,67	5,79	3,06	4,20	3,82	4,51
	MARZO	3,85	5,33	3,85	4,40	5,77	2,10	3,48	3,67	4,49
	ABRIL	4,42	5,18	3,77	4,70	5,62	2,66	4,27	3,78	4,46
	MAYO	3,42	4,38	3,55	3,83	5,47	2,76	3,27	3,21	4,25
	JUNIO	2,50	3,79	1,86	3,42	5,33	0,91	2,98	2,78	4,08
	JULIO	2,35	2,95	1,85	3,36	5,11	0,82	2,66	2,52	3,79
	AGOSTO	2,67	2,89	1,99	3,44	5,09	0,81	2,51	2,43	3,76
	SEPTIEMBRE	2,93	2,90	2,17	3,57	5,09	0,84	2,53	2,45	3,76
	OCTUBRE	2,78	3,14	2,27	3,46	5,27	0,83	2,27	2,45	3,84
	NOVIEMBRE	2,97	3,36	2,28	3,76	5,32	0,87	2,72	2,85	3,91
	DICIEMBRE	3,43	4,48	2,34	4,07	5,59	0,92	3,12	3,41	4,25

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2014	ENERO	3,67	4,73	3,99	4,10	5,67	2,51	3,15	3,44	4,35
	FEBRERO	3,94	5,21	4,64	4,55	5,74	3,55	4,01	3,74	4,45
	MARZO	4,22	5,48	4,81	4,48	5,80	3,32	3,60	3,81	4,52
	ABRIL	3,94	5,76	4,22	4,28	5,72	3,43	3,71	3,75	4,59
	MAYO	3,53	5,01	3,36	3,78	5,60	2,58	3,26	3,47	4,42
	JUNIO	3,29	4,73	3,25	3,81	5,54	2,95	3,63	3,40	4,35
	JULIO	3,62	3,91	3,13	3,53	5,37	2,57	2,97	2,90	4,13
	AGOSTO	3,19	3,15	3,10	3,40	5,19	2,03	2,49	2,57	3,89
	SEPTIEMBRE	3,45	3,21	3,57	3,52	5,20	2,35	2,52	2,58	3,91
	OCTUBRE	3,33	3,34	3,55	3,57	5,34	2,08	2,40	2,65	3,94
	NOVIEMBRE	3,80	3,74	4,05	3,84	5,43	2,86	2,85	3,00	4,05
	DICIEMBRE	4,05	4,57	4,16	4,14	5,61	2,93	3,23	3,38	4,29

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2015	ENERO	4,35	5,12	4,79	4,34	5,74	3,69	3,48	3,64	4,45
	FEBRERO	3,99	5,24	4,40	4,34	5,75	3,20	3,72	3,58	4,46
	MARZO	4,00	5,08	4,26	4,15	5,73	2,55	3,16	3,50	4,43
	ABRIL	4,04	5,14	3,76	4,23	5,62	2,64	3,59	3,65	4,45
	MAYO	3,94	5,24	3,36	4,06	5,64	2,61	3,66	3,66	4,48
	JUNIO	3,68	4,63	3,12	4,04	5,53	2,72	4,00	3,61	4,33
	JULIO	3,71	4,32	3,46	3,90	5,47	3,24	3,53	3,31	4,26
	AGOSTO	3,76	3,63	3,55	3,77	5,32	2,78	2,98	3,02	4,07
	SETIEMBRE	3,97	3,93	3,98	4,12	5,39	3,11	3,30	3,20	4,15
	OCTUBRE	3,61	4,24	3,83	4,01	5,56	2,59	2,95	3,21	4,22
	NOVIEMBRE	3,91	4,71	4,20	4,06	5,65	3,28	3,19	3,43	4,33
	DICIEMBRE	4,15	5,44	4,40	4,44	5,78	3,45	3,68	3,75	4,50

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2016	ENERO	3,97	5,58	4,35	4,31	5,82	3,12	3,48	3,78	4,55
	FEBRERO	3,76	5,54	4,00	4,54	5,84	2,82	3,90	3,84	4,41
	MARZO	3,86	5,58	4,04	4,34	5,82	2,35	3,43	3,67	4,54
	ABRIL	3,96	5,12	3,66	4,19	5,61	2,49	3,54	3,56	4,44
	MAYO	4,09	4,75	3,70	4,12	5,55	3,07	3,71	3,52	4,36
	JUNIO	3,66	4,13	3,25	3,96	5,42	2,85	3,81	3,35	4,19
	JULIO	3,32	3,73	3,08	3,57	5,33	2,45	3,02	2,90	4,08
	AGOSTO	3,58	3,21	3,50	3,68	5,20	2,60	2,82	2,77	3,91
	SETIEMBRE	3,53	3,42	3,62	3,74	5,25	2,46	2,78	2,71	3,97
	OCTUBRE	3,25	3,28	3,58	3,83	5,32	2,10	2,67	2,65	3,92
	NOVIEMBRE	3,69	3,21	3,72	4,01	5,30	2,30	2,99	2,98	3,88
	DICIEMBRE	3,83	4,60	4,46	4,24	5,62	3,37	3,35	3,55	4,29

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2017	ENERO	3,75	4,96	4,23	4,29	5,71	2,86	3,39	3,56	4,41
	FEBRERO	4,12	5,11	3,74	4,39	5,72	2,30	3,77	3,57	4,42
	MARZO	3,62	5,03	3,51	4,33	5,72	1,72	3,36	3,54	4,42
	ABRIL	4,06	4,99	3,16	4,06	5,59	1,84	3,35	3,45	4,41
	MAYO	3,61	4,70	2,98	4,01	5,54	1,99	3,54	3,40	4,34
	JUNIO	2,96	3,95	2,68	3,60	5,37	1,90	3,24	2,94	4,13
	JULIO	2,80	3,09	2,59	3,23	5,15	1,63	2,52	2,52	3,84
	AGOSTO	3,15	3,09	2,75	3,67	5,14	1,58	2,79	2,66	3,83
	SETIEMBRE	2,97	3,19	3,18	3,59	5,17	1,85	2,59	2,59	3,87
	OCTUBRE	3,27	3,42	3,46	3,82	5,34	1,97	2,66	2,58	3,94
	NOVIEMBRE	3,03	2,91	3,51	3,73	5,19	1,98	2,64	2,71	3,75
	DICIEMBRE	3,47	4,37	3,86	4,17	5,56	2,48	3,23	3,37	4,22

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2018	ENERO	4,07	4,87	4,11	4,75	5,69	2,68	4,00	3,77	4,38
	FEBRERO	3,71	4,98	3,88	4,61	5,70	2,45	4,07	3,67	4,39
	MARZO	3,97	5,10	4,05	4,69	5,73	2,30	3,84	3,76	4,43
	ABRIL	4,35	5,08	4,30	4,44	5,60	3,43	3,89	3,61	4,43
	MAYO	3,21	4,36	3,05	3,74	5,46	2,03	3,15	3,07	4,25
	JUNIO	3,06	3,37	2,94	3,45	5,22	2,19	2,97	2,67	3,93
	JULIO	2,68	2,86	2,74	3,28	5,08	1,79	2,56	2,44	3,75
	AGOSTO	2,71	2,87	2,79	3,33	5,08	1,58	2,38	2,38	3,75
	SETIEMBRE	3,11	2,99	2,98	3,55	5,11	1,59	2,52	2,46	3,79
	OCTUBRE	2,98	3,17	3,15	3,76	5,27	1,60	2,58	2,68	3,84
	NOVIEMBRE	3,00	3,88	3,44	3,85	5,44	2,07	2,87	2,98	4,07
	DICIEMBRE	3,47	4,40	3,54	4,25	5,57	2,09	3,35	3,41	4,23

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2019	ENERO	3,47	5,09	2,82	4,48	5,74	1,28	3,66	3,69	4,44
	FEBRERO	3,38	5,11	3,44	4,39	5,72	1,94	3,77	3,60	4,43
	MARZO	3,71	5,23	3,75	4,48	5,75	1,99	3,57	3,71	4,46
	ABRIL	4,04	5,31	3,69	4,67	5,65	2,56	4,24	3,92	4,49
	MAYO	3,68	5,17	3,35	4,25	5,63	2,58	3,95	3,65	4,46
	JUNIO	3,27	4,03	2,76	3,68	5,39	2,04	3,37	3,00	4,15
	JULIO	2,79	3,03	2,33	3,22	5,14	1,31	2,50	2,41	3,83
	AGOSTO	3,03	2,63	2,86	3,60	5,01	1,64	2,67	2,44	3,66
	SETIEMBRE	3,11	2,78	2,67	3,63	5,06	1,25	2,59	2,48	3,72
	OCTUBRE	2,80	3,22	2,63	3,66	5,29	1,12	2,48	2,64	3,87
	NOVIEMBRE	2,91	3,80	2,75	3,66	5,43	1,32	2,65	2,84	4,05
	DICIEMBRE	3,20	4,14	3,31	3,83	5,51	1,80	2,82	3,18	4,16

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2020	ENERO	4,13	5,32	3,86	4,43	5,78	2,43	3,61	3,74	4,50
	FEBRERO	3,75	5,15	3,16	4,46	5,77	1,73	3,75	3,66	4,33
	MARZO	4,06	5,13	3,54	4,50	5,74	1,76	3,58	3,70	4,44
	ABRIL	4,05	5,32	3,53	4,56	5,65	2,34	4,08	3,82	4,49
	MAYO	3,52	4,91	3,24	4,01	5,58	2,38	3,57	3,42	4,40
	JUNIO	3,14	3,83	2,95	3,63	5,34	2,28	3,27	2,98	4,09
	JULIO	2,78	3,25	2,61	3,31	5,20	1,69	2,63	2,54	3,91
	AGOSTO	3,04	2,76	2,57	3,55	5,06	1,34	2,63	2,51	3,72
	SETIEMBRE	3,18	3,05	3,07	3,83	5,14	1,71	2,84	2,68	3,83
	OCTUBRE	3,21	3,40	2,78	3,76	5,34	1,28	2,60	2,64	3,94
	NOVIEMBRE	3,30	3,32	3,22	4,12	5,31	1,74	3,14	2,99	3,90
	DICIEMBRE	3,23	4,24	3,44	3,91	5,54	1,96	2,92	3,28	4,19

ANEXO 12: Determinación de la Evapotranspiración de Referencia en mm/mes con métodos empíricos, para la Estación Tumpis

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2007	ENERO	94,24	154,84	115,73	142,76	177,22	69,07	118,31	116,12	136,91
	FEBRERO	94,08	144,61	119,67	139,24	160,63	84,38	129,88	108,74	124,37
	MARZO	101,37	153,83	81,01	143,26	176,76	29,47	115,37	115,73	136,32
	ABRIL	114,60	159,89	132,70	139,30	169,64	110,63	126,20	113,08	134,92
	MAYO	91,45	135,02	127,03	128,99	169,19	113,56	116,20	103,94	131,48
	JUNIO	79,20	108,36	96,83	102,41	158,23	80,33	88,29	80,88	120,09
	JULIO	93,62	89,96	99,12	103,05	157,45	75,33	81,14	75,02	116,21
	AGOSTO	79,98	83,96	87,32	103,58	155,44	49,14	73,54	70,60	113,60
	SETIEMBRE	78,60	82,73	75,25	103,98	150,80	32,90	72,11	67,89	110,43
	OCTUBRE	71,61	86,37	86,18	110,65	159,35	37,03	72,11	74,28	114,18
	NOVIEMBRE	76,80	103,01	104,44	115,48	159,64	61,10	84,78	81,99	117,40
	DICIEMBRE	84,63	111,59	72,51	126,74	166,45	26,59	95,45	98,41	123,21

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2008	ENERO	95,48	132,17	123,72	127,31	172,34	75,25	96,43	101,89	130,70
	FEBRERO	106,43	135,22	123,13	138,48	164,35	87,49	120,25	107,16	121,90
	MARZO	123,07	151,24	136,36	139,93	176,22	83,06	111,02	110,61	135,64
	ABRIL	119,10	142,40	120,03	132,44	166,09	87,28	114,39	105,28	130,31
	MAYO	97,03	130,57	103,72	121,01	168,35	75,06	104,03	99,45	130,39
	JUNIO	84,30	112,52	94,10	112,47	159,61	77,00	103,28	92,89	121,87
	JULIO	91,76	111,64	101,83	110,84	163,87	85,12	93,03	90,70	124,57
	AGOSTO	86,49	111,49	100,83	107,90	163,67	71,53	81,08	84,37	124,31
	SETIEMBRE	94,20	103,47	115,96	111,69	157,18	83,84	82,72	81,11	118,72
	OCTUBRE	96,72	105,67	125,21	112,32	165,47	83,36	76,09	80,72	121,97
	NOVIEMBRE	96,30	104,47	118,42	115,00	160,45	79,24	84,30	86,16	118,44
	DICIEMBRE	110,05	132,12	132,39	130,61	171,76	93,51	101,78	101,14	129,96

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2009	ENERO	97,34	138,35	119,79	127,33	173,74	71,53	97,00	100,96	132,48
	FEBRERO	94,36	123,01	112,41	117,57	156,09	70,88	96,57	92,28	118,60
	MARZO	117,49	147,80	136,36	138,99	175,51	82,49	109,52	109,46	134,74
	ABRIL	121,80	142,30	126,52	138,79	166,08	96,97	123,63	111,13	130,29
	MAYO	116,87	143,97	118,83	125,39	171,26	101,45	111,48	106,13	134,17
	JUNIO	95,70	120,19	104,59	109,51	161,46	97,01	99,63	93,21	124,28
	JULIO	105,71	114,58	107,06	109,80	164,64	94,84	91,94	88,64	125,57
	AGOSTO	95,79	100,70	106,95	111,82	160,94	78,19	84,70	82,39	120,75
	SETIEMBRE	95,40	94,93	112,87	111,70	154,98	77,54	81,96	78,20	115,86
	OCTUBRE	100,44	99,70	125,21	113,91	163,92	82,03	77,22	81,06	120,00
	NOVIEMBRE	96,90	108,72	124,83	113,46	161,59	89,11	82,96	89,61	119,89
	DICIEMBRE	113,46	153,00	135,66	127,28	176,23	102,61	99,49	104,61	135,64

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2010	ENERO	103,54	158,94	131,23	130,78	178,00	89,48	102,99	111,88	137,90
	FEBRERO	89,60	152,37	112,41	124,33	162,02	75,57	108,42	104,86	126,14
	MARZO	118,11	173,84	132,29	143,38	180,54	81,51	117,50	120,56	141,13
	ABRIL	121,50	167,37	116,65	139,92	170,84	86,53	127,67	118,32	136,48
	MAYO	106,33	156,92	115,97	129,25	173,86	99,16	118,35	110,39	137,55
	JUNIO	85,50	117,21	99,49	106,84	160,92	87,27	95,57	90,45	123,58
	JULIO	94,86	109,86	107,06	112,94	163,69	93,90	95,81	88,47	124,33
	AGOSTO	87,42	93,72	90,89	110,98	159,34	55,52	83,17	80,25	118,67
	SETIEMBRE	72,60	91,85	75,25	106,95	154,43	34,25	76,47	74,73	115,14
	OCTUBRE	86,80	95,09	95,27	114,11	162,95	47,02	77,12	77,57	118,76
	NOVIEMBRE	79,20	93,66	78,95	112,07	157,90	34,27	80,15	83,15	115,20
	DICIEMBRE	86,49	134,69	93,61	129,16	172,47	47,09	100,26	105,36	130,86

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2011	ENERO	107,57	159,64	102,59	139,44	178,13	54,75	114,17	114,52	138,07
	FEBRERO	99,96	140,77	108,59	132,76	159,83	68,89	119,42	105,78	123,35
	MARZO	147,56	164,11	155,12	151,76	178,74	110,15	128,12	122,07	138,84
	ABRIL	125,10	159,40	120,03	133,65	169,39	90,29	117,69	112,29	134,59
	MAYO	118,73	149,71	110,02	129,17	172,47	88,02	117,59	112,73	135,74
	JUNIO	98,70	137,70	99,49	114,34	165,38	91,45	108,55	100,24	129,38
	JULIO	92,38	117,05	96,32	108,52	165,48	77,44	90,55	87,13	126,65
	AGOSTO	90,83	92,26	94,32	107,17	159,01	59,58	78,67	77,23	118,25
	SETIEMBRE	93,30	88,03	99,54	109,08	153,45	59,30	78,49	74,54	113,87
	OCTUBRE	84,32	92,47	99,51	111,12	162,30	50,94	73,87	78,42	117,94
	NOVIEMBRE	100,20	107,35	121,67	115,47	161,53	84,60	85,22	89,43	119,81
	DICIEMBRE	113,46	145,21	138,85	129,61	174,70	105,91	101,73	107,76	133,71

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2012	ENERO	107,88	148,74	123,72	136,65	176,02	78,03	109,58	110,27	135,39
	FEBRERO	109,33	135,97	104,64	134,37	164,59	63,34	114,54	107,33	122,19
	MARZO	134,23	166,55	128,09	148,51	179,17	75,41	123,79	120,11	139,39
	ABRIL	124,20	155,63	123,32	139,39	168,69	94,62	125,78	116,42	133,68
	MAYO	117,18	160,39	113,03	137,86	174,51	94,80	132,08	119,67	138,39
	JUNIO	98,10	135,38	96,83	121,33	164,96	86,27	119,46	105,72	128,84
	JULIO	105,71	124,87	99,12	123,53	167,38	83,61	112,44	99,12	129,13
	AGOSTO	89,28	98,17	97,63	113,82	160,84	65,09	87,06	83,18	120,62
	SETIEMBRE	95,10	91,80	103,04	119,24	154,72	64,43	90,78	81,82	115,52
	OCTUBRE	94,24	97,09	118,44	116,18	163,82	73,32	79,56	84,51	119,87
	NOVIEMBRE	96,00	120,70	111,65	120,26	164,82	73,74	92,06	95,47	124,00
	DICIEMBRE	123,38	150,61	135,66	139,49	175,83	102,21	115,04	112,39	135,14

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2013	ENERO	112,84	165,85	131,23	143,69	179,37	90,67	120,49	120,01	139,64
	FEBRERO	113,12	152,63	119,67	130,67	162,12	85,74	117,50	107,06	126,27
	MARZO	119,35	165,08	119,25	136,53	178,97	65,24	107,93	113,70	139,14
	ABRIL	132,60	155,46	113,17	140,97	168,69	79,68	128,16	113,42	133,68
	MAYO	106,02	135,74	110,02	118,65	169,50	85,43	101,25	99,39	131,88
	JUNIO	75,00	113,82	55,91	102,65	159,93	27,27	89,35	83,31	122,30
	JULIO	72,85	91,59	57,23	104,05	158,53	25,40	82,44	78,05	117,62
	AGOSTO	82,77	89,46	61,75	106,75	157,76	25,20	77,81	75,44	116,62
	SETIEMBRE	87,90	86,87	65,17	106,98	152,67	25,20	75,93	73,55	112,85
	OCTUBRE	86,18	97,35	70,36	107,18	163,23	25,72	70,27	75,83	119,12
	NOVIEMBRE	89,10	100,72	68,37	112,90	159,49	26,14	81,60	85,43	117,21
	DICIEMBRE	106,33	138,91	72,51	126,10	173,27	28,48	96,83	105,59	131,88

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2014	ENERO	113,77	146,65	123,72	127,19	175,63	77,73	97,61	106,74	134,89
	FEBRERO	110,32	145,94	129,80	127,44	160,82	99,47	112,18	104,67	124,61
	MARZO	130,82	169,89	149,21	139,02	179,76	102,92	111,45	118,24	140,14
	ABRIL	118,20	172,72	126,73	128,31	171,67	103,00	111,29	112,60	137,56
	MAYO	109,43	155,17	104,24	117,23	173,54	79,88	101,06	107,66	137,14
	JUNIO	98,70	141,82	97,46	114,38	166,27	88,57	109,02	101,96	130,53
	JULIO	112,22	121,12	97,05	109,34	166,61	79,54	92,06	89,98	128,13
	AGOSTO	98,89	97,75	96,04	105,38	160,84	62,99	77,26	79,79	120,62
	SETIEMBRE	103,50	96,35	107,08	105,74	156,02	70,59	75,70	77,36	117,21
	OCTUBRE	103,23	103,44	110,05	110,72	165,59	64,47	74,52	82,00	122,12
	NOVIEMBRE	114,00	112,05	121,56	115,32	162,92	85,69	85,55	90,09	121,57
	DICIEMBRE	125,55	141,56	128,92	128,49	174,05	90,72	100,07	104,65	132,88

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2015	ENERO	134,85	158,60	148,34	134,54	177,99	114,33	107,73	112,89	137,89
	FEBRERO	111,72	146,84	123,13	121,52	161,02	89,72	104,07	100,37	124,87
	MARZO	124,00	157,60	132,16	128,73	177,60	79,07	97,82	108,38	137,39
	ABRIL	121,20	154,29	112,93	126,82	168,50	79,20	107,73	109,63	133,44
	MAYO	122,14	162,46	104,14	125,72	174,89	80,78	113,60	113,45	138,89
	JUNIO	110,40	138,85	93,64	121,31	165,90	81,46	119,87	108,32	130,05
	JULIO	115,01	133,98	107,39	120,78	169,69	100,48	109,30	102,70	132,13
	AGOSTO	116,56	112,59	109,97	116,81	165,07	86,33	92,24	93,74	126,13
	SETIEMBRE	119,10	117,95	119,47	123,70	161,61	93,31	98,96	96,12	124,48
	OCTUBRE	111,91	131,41	118,66	124,23	172,48	80,36	91,46	99,41	130,88
	NOVIEMBRE	117,30	141,17	125,97	121,75	169,39	98,37	95,73	102,94	129,81
	DICIEMBRE	128,65	168,58	136,49	137,74	179,17	106,88	114,18	116,18	139,39

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2016	ENERO	123,07	172,90	134,82	133,63	180,55	96,79	107,73	117,14	141,14
	FEBRERO	109,04	160,57	116,09	131,72	169,27	81,82	113,14	111,43	127,94
	MARZO	119,66	173,13	125,16	134,68	180,35	72,83	106,24	113,87	140,89
	ABRIL	118,80	153,60	109,69	125,81	168,32	74,58	106,28	106,67	133,20
	MAYO	126,79	147,17	114,65	127,60	172,00	95,15	115,04	109,01	135,14
	JUNIO	109,80	123,79	97,55	118,87	162,54	85,35	114,41	100,44	125,69
	JULIO	102,92	115,51	95,50	110,82	165,27	75,95	93,53	89,97	126,38
	AGOSTO	110,98	99,64	108,38	114,09	161,22	80,54	87,52	85,82	121,12
	SETIEMBRE	105,90	102,66	108,61	112,13	157,51	73,80	83,34	81,26	119,15
	OCTUBRE	100,75	101,55	111,02	118,86	165,00	65,21	82,81	82,23	121,37
	NOVIEMBRE	110,70	96,29	111,53	120,15	158,92	69,15	89,78	89,30	116,49
	DICIEMBRE	118,73	142,70	138,14	131,33	174,25	104,36	103,70	110,10	133,13

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2017	ENERO	116,25	153,91	131,23	132,88	177,01	88,62	105,19	110,42	136,64
	FEBRERO	115,36	142,99	104,64	122,92	160,26	64,27	105,60	100,03	123,90
	MARZO	112,22	156,08	108,88	134,24	177,20	53,47	104,29	109,89	136,89
	ABRIL	121,80	149,73	94,82	121,72	167,57	55,31	100,55	103,53	132,23
	MAYO	111,91	145,75	92,45	124,17	171,62	61,62	109,88	105,41	134,63
	JUNIO	88,80	118,60	80,37	107,89	161,05	57,03	97,13	88,17	123,75
	JULIO	86,80	95,79	80,27	100,07	159,68	50,61	77,97	78,04	119,12
	AGOSTO	97,65	95,65	85,18	113,67	159,49	48,85	86,43	82,34	118,87
	SETIEMBRE	89,10	95,59	95,43	107,79	155,09	55,49	77,62	77,56	116,00
	OCTUBRE	101,37	106,15	107,11	118,36	165,59	61,07	82,47	79,98	122,12
	NOVIEMBRE	90,90	87,25	105,18	111,92	155,68	59,38	79,27	81,33	112,37
	DICIEMBRE	107,57	135,37	119,60	129,12	172,48	76,87	100,21	104,59	130,88

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2018	ENERO	126,17	151,06	127,53	147,24	176,42	83,22	124,06	116,92	135,89
	FEBRERO	103,88	139,36	108,59	129,08	159,53	68,67	113,88	102,74	122,97
	MARZO	123,07	157,98	125,45	145,47	177,60	71,24	118,92	116,51	137,39
	ABRIL	130,50	152,51	129,03	133,29	168,13	103,00	116,56	108,40	132,96
	MAYO	99,51	135,16	94,53	116,05	169,31	62,96	97,68	95,03	131,63
	JUNIO	91,80	101,17	88,30	103,46	156,58	65,61	89,21	80,18	117,94
	JULIO	83,08	88,52	85,07	101,76	157,37	55,44	79,27	75,59	116,12
	AGOSTO	84,01	89,03	86,38	103,11	157,37	49,10	73,66	73,70	116,12
	SETIEMBRE	93,30	89,63	89,43	106,50	153,23	47,75	75,59	73,76	113,58
	OCTUBRE	92,38	98,17	97,76	116,68	163,23	49,64	79,90	83,11	119,12
	NOVIEMBRE	90,00	116,33	103,31	115,59	163,30	62,14	86,00	89,54	122,06
	DICIEMBRE	107,57	136,55	109,61	131,89	172,68	64,69	103,77	105,76	131,13

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2019	ENERO	107,57	157,84	87,49	138,92	177,79	39,69	113,33	114,31	137,64
	FEBRERO	94,64	143,07	96,26	122,86	160,27	54,39	105,54	100,86	123,91
	MARZO	115,01	162,08	116,25	138,89	178,38	61,65	110,65	114,92	138,39
	ABRIL	121,20	159,42	110,78	140,01	169,44	76,94	127,08	117,49	134,65
	MAYO	114,08	160,21	103,72	131,80	174,51	79,83	122,53	113,10	138,39
	JUNIO	98,10	120,80	82,92	110,47	161,61	61,07	101,10	89,89	124,48
	JULIO	86,49	94,04	72,19	99,83	159,30	40,76	77,56	74,56	118,62
	AGOSTO	93,93	81,50	88,72	111,58	155,45	50,73	82,66	75,61	113,61
	SETIEMBRE	93,30	83,43	79,96	108,87	151,74	37,54	77,71	74,32	111,64
	OCTUBRE	86,80	99,94	81,58	113,52	164,02	34,85	76,85	81,96	120,12
	NOVIEMBRE	87,30	114,01	82,49	109,78	162,92	39,46	79,37	85,18	121,57
	DICIEMBRE	99,20	128,19	102,69	118,86	170,91	55,78	87,44	98,63	128,88

AÑO	MESES	METODOS DE DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/día) - Estación Tumpis								
		FAO Penman Monteith	Thornthwaite	Hargreaves Temp.	Hargreaves Simp.	Blaney Criddle	Ivanov	Papadakis	Linacre	Holdridge
2020	ENERO	128,03	164,96	119,79	137,27	179,17	75,41	111,79	115,86	139,39
	FEBRERO	108,75	149,33	91,78	129,29	167,24	50,09	108,84	106,26	125,45
	MARZO	125,86	159,08	109,69	139,35	177,79	54,57	110,97	114,58	137,64
	ABRIL	121,50	159,48	105,86	136,79	169,44	70,25	122,27	114,46	134,65
	MAYO	109,12	152,33	100,43	124,34	172,97	73,71	110,72	106,15	136,39
	JUNIO	94,20	115,00	88,40	108,85	160,31	68,45	98,22	89,27	122,78
	JULIO	86,18	100,79	80,93	102,65	161,22	52,29	81,60	78,65	121,12
	AGOSTO	94,24	85,58	79,71	110,17	156,80	41,56	81,42	77,67	115,37
	SETIEMBRE	95,40	91,54	92,16	114,78	154,16	51,23	85,24	80,30	114,79
	OCTUBRE	99,51	105,54	86,18	116,50	165,59	39,53	80,48	81,88	122,12
	NOVIEMBRE	99,00	99,49	96,69	123,69	159,30	52,18	94,20	89,63	116,97
	DICIEMBRE	100,13	131,51	106,73	121,28	171,69	60,74	90,52	101,58	129,88

ANEXO 13: Valores de Evapotranspiración de Referencia en mm/mes, según el Método de linacre aplicado a las Estaciones del SENAMHI en estudio.

AÑOS	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/mes) - Estación Campamento Sede											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	94,41	86,50	94,51	98,16	101,58	92,63	84,55	75,98	77,60	81,11	84,93	95,10
2016	97,52	91,73	98,29	96,05	93,57	80,66	73,06	67,02	64,36	65,02	72,27	90,68
2017	94,26	86,58	97,87	94,46	92,37	76,06	66,70	66,74	62,76	64,55	68,45	86,16
2018	93,87	90,05	97,47	87,58	75,59	62,44	58,79	58,95	58,45	66,69	73,33	85,52
2019	96,50	89,40	101,58	98,75	93,60	77,36	68,96	61,83	58,13	67,14	73,07	86,28
2020	100,39	95,05	101,38	97,80	89,65	72,78	62,67	60,92	63,60	69,12	73,12	85,38

AÑOS	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/mes) - Estación Matapalo											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	117,18	103,28	114,56	113,68	115,05	107,29	103,05	101,85	104,89	107,74	110,58	121,17
2016	116,59	107,53	116,01	113,52	117,83	106,36	98,50	101,59	94,79	91,47	105,27	119,09
2017	111,92	103,23	112,98	113,51	109,71	89,75	88,90	94,65	92,84	94,80	95,99	109,58
2018	119,43	103,37	120,16	119,62	100,00	88,23	89,69	92,54	91,94	90,91	95,31	109,17
2019	112,43	98,30	115,02	117,95	111,31	96,16	94,20	95,68	94,86	95,46	93,51	108,79
2020	123,13	112,92	117,75	117,69	111,85	99,88	94,65	101,25	100,75	101,71	100,57	108,61

AÑOS	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/mes) - Estación Rica Playa											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	123,35	106,19	118,00	115,54	115,60	110,00	111,03	115,11	116,03	120,34	120,01	128,24
2016	118,62	107,31	119,22	119,74	128,71	111,38	104,34	108,19	108,41	109,10	116,48	115,76
2017	112,49	103,75	111,26	112,63	109,33	97,90	101,00	108,59	110,86	108,84	108,37	119,80
2018	124,85	107,79	130,30	127,80	114,39	101,58	100,64	102,90	102,30	105,22	108,08	117,10
2019	112,96	97,14	114,54	119,51	116,36	107,68	104,75	105,75	105,34	108,96	107,55	117,89
2020	128,47	115,17	124,51	128,37	122,12	110,28	104,50	108,76	107,72	108,78	107,50	115,59

AÑOS	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/mes) - Estación Cañaveral											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	123,74	107,95	116,44	114,25	120,80	117,33	118,65	121,35	121,18	124,84	123,24	129,51
2016	121,56	110,08	113,53	110,40	116,56	108,45	106,94	110,37	110,19	110,98	116,71	126,56
2017	116,68	101,33	109,07	109,74	108,13	98,19	102,13	108,56	111,18	108,73	109,62	120,05
2018	121,19	106,44	127,97	123,26	112,87	102,01	100,41	104,75	104,54	108,54	110,36	119,40
2019	116,77	98,04	112,90	121,53	118,22	112,77	108,88	108,37	107,42	113,84	110,39	121,23
2020	127,31	114,67	126,58	130,56	123,46	110,52	104,86	109,42	108,11	110,19	110,35	116,10

AÑOS	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm/mes) - Estación Cabo Inga											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	129,72	110,73	119,18	113,15	109,18	99,55	110,34	129,82	136,23	142,13	138,73	137,37
2016	127,39	111,96	122,46	117,08	128,05	117,14	124,06	135,69	135,57	138,50	145,64	144,11
2017	126,06	109,23	118,51	112,51	101,79	94,55	113,21	128,69	135,50	135,88	132,22	132,25
2018	134,80	110,40	134,89	133,37	123,56	121,06	125,37	131,70	132,48	133,50	130,07	127,63
2019	119,87	100,51	116,14	117,96	115,33	119,28	125,90	131,38	133,09	136,66	126,85	129,74
2020	132,20	117,46	124,34	124,64	130,59	124,22	127,42	136,18	133,50	135,66	130,71	129,29

AÑOS	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DE REFERENCIA (mm/mes) - Estación Huasimo											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	119,17	100,01	109,81	103,86	102,93	95,14	102,75	116,61	117,91	123,71	123,39	125,54
2016	115,90	103,61	112,33	106,93	109,72	104,49	109,83	117,96	118,46	121,16	127,17	129,14
2017	113,29	97,73	103,25	100,87	94,97	87,41	102,43	113,70	120,71	120,42	117,83	123,10
2018	125,18	103,22	126,77	122,81	114,40	110,15	110,97	118,27	117,48	118,30	116,84	116,72
2019	109,57	92,45	108,03	111,48	110,83	112,06	115,43	117,75	116,46	123,13	115,77	120,63
2020	125,05	111,60	118,54	123,39	125,95	118,21	117,66	123,49	119,74	121,52	117,24	118,58

ANEXO 14: Promedio de Valores de Evapotranspiración de Referencia mensual, durante el periodo 2015-2020, en las Estaciones SENAMHI

MESES		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
E S T A C I O N E S	TUMPIS	114.59	103.62	113.03	110.03	107.03	92.71	83.25	81.48	80.55	84.76	89.65	106.14
	CAMP.SEDE	96.16	89.88	98.52	95.47	91.06	76.99	69.12	65.24	64.15	68.94	74.19	88.19
	MATAPALO	116.78	104.77	116.08	115.99	110.96	97.94	94.83	97.92	96.68	97.02	100.20	112.73
	RICAPLAYA	120.12	106.22	119.64	120.60	117.75	106.47	104.38	108.22	108.44	110.21	111.33	119.06
	CAÑAVERAL	121.21	106.42	117.75	118.29	116.67	108.21	106.98	110.47	110.43	112.85	113.44	122.14
	CABO INGA	128.34	110.05	122.59	119.79	118.08	112.63	121.05	132.24	134.39	137.06	134.04	133.40
	HUASIMO	118.03	101.44	113.12	111.56	109.80	104.58	109.85	117.96	118.46	121.37	119.71	122.29

ANEXO 15: Variables meteorológicas medidas en la Estación Tumpis
Precipitación Mensual (mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	1,4	67,5	133,3	7,6	28,6	1,4	0,3	0,9	1,2	0,3	0,9	20,5
1992	40,2	145,6	666,7	375,2	111,9	2,2	0,2	2,4	1,8	0,9	2,4	3,5
1993	15,1	149,0	67,0	54,2	31,0	1,4	0,0	0,1	2,4	2,5	0,8	4,9
1994	114,6	75,0	53,8	25,1	7,6	2,5	0,4	1,1	2,9	0,0	0,0	15,2
1995	70,2	138,5	57,9	2,4	0,9	0,2	0,7	0,1	0,0	2,4	8,7	5,1
1996	22,0	36,3	18,2	3,4	0,2	0,4	0,0	0,1	0,0	3,2	0,0	0,5
1997	113,1	22,3	53,6	40,0	29,0	2,9	6,7	0,6	3,6	6,1	215,6	386,9
1998	358,9	757,9	388,3	275,1	155,3	7,2	1,8	0,2	1,6	4,4	0,4	4,6
1999	9,3	198,0	140,4	102,6	15,3	1,4	1,8	3,7	3,7	2,3	2,1	11,6
2000	9,2	44,7	54,9	51,6	15,2	3,3	2,9	1,9	1,8	0,5	0,0	13,5
2001	38,0	80,4	195,0	99,6	6,6	1,0	2,1	0,0	0,9	1,2	3,2	5,5
2002	3,0	183,9	363,2	149,4	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	4,0	0,4	10,0
2003	45,1	44,7	20,1	21,8	1,1	4,7	1,8	0,4	0,3	0,0	1,7	70,8
2004	21,4	47,9	63,2	37,2	10,0	1,3	0,5	0,1	2,1	5,9	0,6	1,4
2005	4,6	17,2	67,1	19,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	1,8	0,0	11,6
2006	68,0	216,3	75,4	5,7	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	3,1	7,1
2007	63,5	12,0	102,2	2,0	2,3	0,0	1,3	2,2	0,0	0,0	2,7	1,4
2008	147,4	206,8	118,6	34,7	1,9	2,6	0,2	0,5	1,4	0,4	2,9	0,0
2009	166,7	128,3	23,8	30,8	13,1	0,9	0,3	1,6	1,9	0,0	4,9	4,8
2010	31,9	162,3	93,9	113,8	2,0	1,6	0,9	0,0	0,6	2,0	2,8	4,1
2011	29,3	61,9	7,8	67,1	7,4	1,0	6,3	2,7	0,1	0,0	0,7	2,0
2012	100,8	122,2	97,4	110,7	10,8	1,0	1,8	0,3	0,4	1,7	1,7	2,9
2013	26,3	37	121,2	38,3	7	0,5	1,1	0,8	0,5	8,8	0,3	1,0
2014	84,1	40,9	1,8	6,8	67,2	7,2	0,2	0,4	2,2	4,5	0,8	11,2
2015	16,8	64,9	267,5	24,7	67,1	6,7	0,1	0,0	0,2	6,6	2,2	2,9
2016	45,6	308,6	110,0	149,0	1,3	3,7	0,5	1,6	2,4	0,8	0,4	10,9
2017	151,5	134,6	341,8	84,6	50,4	1,5	2,6	3,9	1,1	3,0	0,7	2,2
2018	14,4	69,6	17,6	0,9	39,4	0,1	0,1	1,1	0,3	0,8	2,0	32,4
2019	46,9	112,2	48,8	38,3	5,4	1,4	0,3	3,0	0,4	1,3	2,7	36,9

Temperatura media Mensual (°C)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	26,7	27,7	27,8	27,4	26,8	24,9	23,9	23,5	22,5	23,8	24,8	26,1
1992	26,6	27,0	27,1	27,5	27,0	25,5	24,0	23,2	22,9	23,3	23,8	24,9
1993	26,4	26,5	26,7	27,5	26,7	25,7	24,4	23,1	23,4	23,9	24,2	25,6
1994	26,5	26,2	26,0	26,4	26,1	24,3	22,2	21,5	22,0	24,3	24,7	26,4
1995	27,1	26,5	26,7	27,3	26,7	25,4	24,1	23,2	23,5	23,7	24,2	25,2
1996	26,5	27,3	27,2	26,5	25,8	23,0	21,8	22,1	22,3	22,5	23,1	25,2
1997	26,2	27,6	27,8	26,9	27,8	27,3	27,3	27,1	27,1	27,6	27,3	27,7
1998	27,4	27,6	27,3	27,9	27,2	26,2	25,0	24,1	24,3	23,8	24,5	25,2
1999	27,0	26,3	26,4	25,8	24,9	23,6	22,6	21,7	22,9	23,9	24,3	25,5
2000	25,9	26,3	26,0	26,5	25,7	23,7	22,6	22,4	22,6	23,3	23,4	25,3
2001	26,3	26,8	26,5	26,5	24,5	22,4	22,0	22,0	22,2	22,3	24,0	24,9
2002	26,8	26,7	27,2	27,0	26,6	24,7	23,7	22,6	23,5	24,1	25,2	26,0
2003	26,9	27,0	27,9	27,5	27,1	24,2	23,2	23,3	22,5	24,1	25,2	26,0
2004	26,4	27,2	27,4	27,0	25,9	23,7	22,7	22,3	23,5	24,0	24,2	25,5
2005	27,3	27,0	27,1	27,9	25,5	23,5	22,9	22,3	22,2	22,5	23,5	24,5
2006	26,3	26,4	26,4	26,3	25,3	23,5	23,1	23,2	23,6	24,1	24,8	26,2
2007	27,0	27,5	26,2	27,3	26,3	24,3	23,2	22,3	22,5	22,8	24,6	24,6
2008	25,7	26,0	26,5	26,4	25,3	24,8	24,6	24,2	23,9	23,2	23,9	25,3
2009	25,8	25,9	26,4	26,4	26,2	25,0	24,3	23,6	23,3	23,2	24,2	26,0
2010	26,8	27,3	27,3	26,7	26,5	24,8	23,9	22,9	22,9	23,2	23,2	25,3
2011	26,7	26,8	27,1	26,9	26,1	25,7	24,5	23,0	22,7	23,0	23,9	25,5
2012	26,1	26,4	27,2	27,0	26,9	25,8	24,8	23,2	23,0	23,3	24,6	26,1
2013	26,8	27,1	27,0	26,8	25,7	24,8	22,7	22,5	22,9	23,2	23,7	25,5
2014	26,4	26,9	24,3	27,4	26,7	26,3	25,0	24,1	24,1	24,4	25,1	26,6
2015	27,6	27,7	27,5	27,2	27,4	26,5	26,0	24,7	25,2	25,5	26,1	27,2
2016	27,5	27,5	27,7	27,0	26,5	25,5	24,9	23,9	24,2	23,9	23,8	26,0
2017	26,7	27,1	26,9	27,1	26,5	25,1	23,3	23,3	23,5	23,7	22,9	25,4
2018	26,3	26,9	27,1	27,0	25,7	23,7	22,8	22,6	23,1	23,3	24,6	25,7
2019	27,1	26,9	27,4	27,2	27,1	25,8	23,7	22,2	22,3	23,5	24,5	25,5
2020	27,4	27,4	27,2	27,1	26,6	24,8	23,6	22,3	23,2	23,8	23,5	25,1

Humedad Relativa mensual (%)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	73,0	74,0	85,0	83,0	79,0	85,0	82,0	82,0	85,0	85,0	76,0	77,0
1992	81,0	84,0	86,0	86,0	83,0	83,0	80,0	85,0	82,0	82,0	82,0	81,0
1993	78,0	84,0	83,0	80,0	84,0	84,0	83,0	84,0	80,0	82,0	80,0	76,0
1994	76,0	83,0	82,0	80,0	79,0	83,0	82,0	85,0	85,0	76,0	75,0	76,0
1995	76,0	82,0	79,0	72,0	71,0	73,0	77,0	80,0	78,0	78,0	80,0	77,0
1996	73,0	73,0	75,0	74,0	75,0	82,0	84,0	81,0	82,0	82,0	87,0	76,0
1997	76,0	74,0	79,0	81,0	79,0	80,0	79,0	78,0	80,0	79,0	82,0	84,0
1998	89,0	89,0	89,0	87,0	86,0	85,0	86,0	82,0	82,0	82,0	80,0	82,0
1999	70,0	86,0	88,0	90,0	94,0	96,0	89,0	89,0	92,0	90,0	83,0	79,0
2000	83,0	85,0	87,0	87,0	84,0	88,0	87,0	86,0	86,0	84,0	83,0	82,0
2001	81,0	81,0	88,0	88,0	88,0	89,0	90,0	88,0	87,0	86,0	81,0	85,0
2002	85,0	88,0	91,0	90,0	89,0	92,0	95,0	97,0	95,0	94,0	93,0	94,0
2003	92,0	93,0	89,0	87,0	85,0	89,0	89,0	85,0	82,0	84,0	83,0	83,0
2004	88,0	84,0	87,0	88,0	89,0	92,0	96,0	98,0	94,0	94,0	95,0	95,0
2005	97,0	98,0	97,0	96,0	93,0	96,0	95,0	95,0	87,0	83,0	79,0	82,0
2006	79,0	87,0	86,0	82,0	82,0	85,0	86,0	86,0	86,0	86,0	84,0	81,0
2007	86,0	83,0	94,0	78,0	76,0	82,0	82,0	88,0	92,0	91,0	86,0	94,0
2008	84,0	82,0	83,0	82,0	84,0	83,0	81,0	84,0	81,0	81,0	82,0	80,0
2009	85,0	85,0	83,0	80,0	79,0	79,0	79,0	82,0	82,0	81,0	80,0	79,0
2010	82,0	85,0	84,0	83,0	80,0	81,0	79,0	87,0	92,0	89,0	92,0	90,0
2011	89,0	86,0	78,0	82,0	82,0	81,0	83,0	86,0	86,0	88,0	81,0	78,0
2012	84,0	87,0	85,0	81,0	81,0	82,0	82,0	85,0	85,0	83,0	84,0	79,0
2013	82,0	83,0	87,0	84,0	82,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0
2014	84,0	80,0	79,6	79,9	83,8	81,8	82,7	85,5	83,8	85,3	81,0	81,0
2015	77,0	82,0	84,0	84,1	83,9	83,2	78,9	81,0	79,8	82,9	79,6	78,7
2016	81,0	84,0	85,7	85,0	80,5	81,7	83,3	81,5	83,3	85,1	84,0	78,2
2017	82,0	87,0	89,2	88,8	87,3	87,6	88,2	88,6	87,1	86,1	85,8	83,7
2018	83,0	86,0	85,6	79,2	86,7	85,0	86,7	88,3	88,7	88,4	86,3	86,3
2019	92,0	89,0	87,6	84,7	84,0	86,8	90,5	87,6	91,0	91,9	91,3	88,0
2020	85,0	90,0	89,0	86,0	85,0	85,0	88,0	90,0	88,0	91,0	88,0	87,0

Temperatura Máxima promedio Mensual (°C)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	31,2	32,1	31,7	31,9	31,3	29,0	26,5	26,3	25,3	26,8	27,9	29,6
1992	30,1	30,5	30,4	31,3	30,9	29,4	28,5	26,9	26,2	27,0	27,2	28,8
1993	30,5	30,2	30,7	31,9	31,2	29,9	28,5	27,3	27,1	27,2	27,5	29,4
1994	30,7	30,4	29,9	30,9	30,4	28,2	25,9	24,8	25,5	27,9	28,2	30,5
1995	31,3	30,1	30,5	31,6	30,8	29,5	28,1	26,8	27,0	26,6	27,5	28,7
1996	30,5	31,5	31,2	30,8	29,6	26,5	25,5	25,8	25,9	26,0	26,9	29,3
1997	30,2	32,0	32,0	31,2	32,2	31,9	32,1	31,6	31,2	31,8	31,3	31,5
1998	31,2	31,6	31,7	32,1	31,6	30,8	29,5	28,4	28,3	27,6	28,5	29,5
1999	31,1	30,5	30,4	30,6	29,2	27,8	26,8	25,6	26,3	27,9	28,4	29,9
2000	30,6	31,1	30,6	30,9	30,4	27,5	26,3	26,5	26,2	27,2	27,7	29,7
2001	30,6	31,2	30,5	29,4	28,3	26,3	25,7	25,8	26,0	25,5	27,8	28,5
2002	31,1	30,7	30,9	30,9	30,0	28,9	27,1	26,1	27,1	27,8	29,0	30,2
2003	31,2	31,1	32,5	32,0	30,7	27,8	26,8	27,1	25,6	27,0	28,1	30,2
2004	31,1	31,4	31,9	32,2	31,6	28,5	25,8	26,2	27,3	27,4	28,1	29,4
2005	31,9	31,5	31,0	32,9	30,0	26,7	26,5	25,8	25,7	25,8	27,4	28,6
2006	30,8	30,3	30,8	31,4	29,9	26,8	26,5	28,1	27,5	27,7	28,7	30,4
2007	31,5	32,1	31,3	32,2	30,6	28,2	26,6	25,8	25,8	25,8	27,6	28,4
2008	29,6	31,3	31,0	31,0	29,9	29,2	28,5	27,9	27,7	27,3	27,7	29,7
2009	29,9	29,7	30,8	31,4	30,8	29,4	28,6	27,5	27,2	27,0	27,9	30,5
2010	31,0	31,5	32,1	32,5	31,6	29,1	28,6	27,1	26,8	26,8	27,0	29,8
2011	31,5	31,5	32,2	31,8	31,3	30,6	28,7	26,8	26,7	26,5	28,0	30,3
2012	30,9	31,1	32,1	32,0	32,3	31,0	30,1	27,6	27,6	27,1	29,0	31,1
2013	32,0	31,9	31,4	32,1	30,0	28,6	26,9	26,5	26,4	26,5	27,4	29,8
2014	30,3	31,4	31,7	32,0	30,8	30,8	29,0	27,1	27,1	27,2	28,3	30,1
2015	31,2	31,1	30,7	31,2	31,6	31,2	30,4	28,7	29,4	29,4	30,1	31,7
2016	31,7	32,0	31,6	31,1	31,1	30,3	28,8	27,7	27,8	27,5	27,7	30,3
2017	30,9	31,0	30,9	30,7	30,8	29,2	26,9	27,3	27,0	27,6	26,5	29,8
2018	31,6	31,2	31,6	31,5	29,8	27,9	26,5	26,2	26,5	27,0	28,4	30,0
2019	31,4	31,0	31,4	32,2	31,9	29,5	26,8	26,3	26,3	27,0	28,0	28,9
2020	31,6	31,4	31,3	32,0	31,1	29,1	27,4	26,5	27,2	27,5	28,0	29,2

Temperatura Mínima promedio Mensual (°C)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	22,7	23,1	23,1	22,3	22,1	20,5	19,6	19,2	18,8	19,8	20,5	21,9
1992	22,2	22,1	23,6	23,5	22,9	20,8	19,0	19,6	19,6	20,1	20,7	21,2
1993	22,9	22,9	22,7	23,2	22,5	21,8	20,6	19,3	20,3	21,0	21,1	22,4
1994	23,6	23,3	22,6	22,9	22,5	20,8	18,8	18,7	19,4	21,2	22,0	23,6
1995	23,9	23,3	23,0	23,1	23,0	21,8	20,9	19,9	20,1	20,5	21,5	21,7
1996	23,1	23,4	23,7	23,7	23,0	20,7	19,3	19,4	19,8	20,3	20,1	22,4
1997	23,2	24,0	24,0	23,3	23,2	22,8	22,0	21,9	22,5	24,1	23,8	24,4
1998	24,3	24,4	23,8	24,4	23,6	22,6	21,4	20,7	21,4	21,2	21,6	21,1
1999	23,0	22,8	22,5	21,9	21,5	20,8	19,7	19,1	20,3	20,8	21,1	22,6
2000	22,4	22,5	22,4	23,0	22,8	21,2	19,7	19,6	20,2	20,1	19,7	22,3
2001	22,9	22,9	22,8	22,9	21,9	19,5	19,1	18,9	19,2	19,5	21,0	22,0
2002	23,3	23,6	22,9	23,5	22,3	20,1	20,5	18,1	20,3	21,6	22,9	23,1
2003	23,7	23,4	23,6	23,4	23,5	21,6	20,3	20,2	19,8	21,0	22,9	22,8
2004	22,6	23,4	23,7	23,1	22,4	20,8	19,8	19,2	20,7	21,2	21,2	22,0
2005	23,8	23,6	27,2	24,1	21,9	20,0	19,6	19,5	19,6	20,2	20,5	21,6
2006	23,0	22,3	23,1	22,5	21,4	20,0	19,9	20,1	20,7	20,9	21,6	22,4
2007	23,2	22,9	23,2	23,5	21,9	21,4	19,8	19,6	19,8	19,8	20,9	20,8
2008	22,6	22,6	23,2	22,8	22,2	21,1	21,3	21,8	21,3	21,5	21,2	22,2
2009	23,0	22,8	23,0	22,4	22,8	21,9	21,6	20,8	20,6	21,0	21,6	23,7
2010	24,1	24,3	24,3	23,9	23,4	21,9	21,1	20,3	20,7	20,7	20,6	22,5
2011	23,7	23,1	23,3	23,8	22,9	22,8	21,9	20,5	20,3	20,6	21,5	23,1
2012	23,2	23,0	23,6	23,2	23,0	22,2	21,5	20,6	20,1	20,8	22,2	22,9
2013	23,8	24,0	24,2	23,1	22,7	21,9	20,1	20,1	20,2	21,1	21,0	22,9
2014	23,6	23,7	24,3	24,8	24,0	23,1	22,2	21,1	21,3	21,6	21,9	23,0
2015	23,9	24,1	24,2	23,9	23,9	22,5	22,4	21,7	22,0	22,9	23,5	24,0
2016	24,7	24,6	24,7	23,9	22,9	21,6	21,7	20,7	21,4	21,0	20,4	22,9
2017	23,7	23,8	23,8	23,9	23,0	21,9	20,7	20,2	20,9	21,2	19,9	22,5
2018	22,7	23,2	23,3	23,4	22,8	20,8	19,9	20,2	20,4	20,6	22,0	22,4
2019	23,6	23,8	23,9	23,4	23,4	21,9	20,6	19,1	19,8	21,0	22,2	22,6
2020	24,1	24,1	23,7	23,6	23,4	21,6	21,0	19,6	20,2	21,3	20,3	22,7

Horas de sol Mensual (Hrs)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	5,4	5,8	6,2	6,7	4,0	5,0	2,6	4,3	2,9	2,9	4,2	4,0
1992	4,4	4,0	5,1	6,1	5,0	4,1	4,9	3,9	2,7	3,8	3,5	5,0
1993	4,5	3,7	5,0	6,5	4,6	4,8	4,7	4,8	3,4	3,4	3,5	4,0
1994	4,2	4,9	4,9	4,2	5,1	4,2	4,2	2,8	3,2	4,5	3,7	4,2
1995	4,1	4,3	5,5	5,9	5,1	6,0	3,4	4,8	4,6	2,6	3,2	4,8
1996	4,2	5,6	4,5	5,8	5,5	2,9	4,0	4,3	3,6	3,2	4,1	5,6
1997	4,7	5,1	5,1	6,0	6,1	5,7	6,9	6,7	4,2	4,9	3,9	4,0
1998	4,2	3,2	4,1	5,3	4,9	4,8	3,0	3,1	4,1	2,8	3,2	2,4
1999	1,9	3,0	5,3	1,7	1,4	2,2	1,4	2,2	1,3	2,6	3,6	2,4
2000	4,6	4,0	3,8	5,1	3,9	2,9	3,0	3,7	2,5	3,6	3,5	2,9
2001	3,6	4,0	5,1	6,2	2,5	2,5	2,1	3,2	2,4	1,5	1,2	1,4
2002	3,5	2,9	4,3	3,3	3,6	2,2	1,5	1,6	2,6	1,1	1,5	1,8
2003	2,2	2,2	4,9	6,1	4,9	3,0	3,1	4,1	1,9	2,1	2,1	2,1
2004	4,6	3,7	3,5	3,0	1,4	0,8	2,1	3,6	1,6	1,2	2,1	2,3
2005	3,9	3,1	3,4	3,9	5,1	2,9	3,0	1,3	1,5	1,7	1,9	1,6
2006	3,6	0,8	2,1	2,5	1,6	1,7	3,3	3,0	1,7	2,5	2,4	4,2
2007	2,3	2,8	4,0	3,8	0,5	1,4	4,1	2,5	2,9	1,1	0,9	3,3
2008	2,1	3,7	5,2	5,6	3,4	2,9	3,3	2,3	2,7	2,6	3,4	3,9
2009	3,0	3,6	4,7	5,8	5,5	3,9	4,9	3,3	3,2	3,1	3,0	3,7
2010	2,4	2,4	4,4	5,7	3,7	2,3	3,0	3,1	1,6	2,6	2,7	2,4
2011	4,0	3,8	6,9	6,1	5,8	4,0	3,1	3,4	3,7	2,2	3,5	3,5
2012	3,1	5,0	6,5	5,9	5,2	4,0	4,6	2,8	3,5	2,6	3,2	4,8
2013	3,1	5,0	5,1	7,4	4,6	3,1	2,8	4,0	4,6	3,5	4,5	5,9
2014	4,4	4,4	5,5	5,0	5,6	5,3	6,5	4,5	4,7	4,2	5,5	5,9
2015	5,0	4,8	5,4	6,3	6,7	6,4	5,5	5,9	5,6	4,3	5,0	5,2
2016	4,6	4,1	4,9	6,0	7,2	6,4	5,1	5,7	4,8	3,7	6,0	5,9
2017	4,1	6,3	4,7	7,1	6,1	4,2	4,1	5,1	3,3	3,9	3,6	4,4
2018	5,5	4,6	5,5	7,0	4,4	4,9	3,4	3,2	4,4	3,4	2,9	4,6
2019	4,8	3,7	4,7	6,0	5,3	5,3	4,4	4,7	5,0	3,2	3,4	4,0
2020	6,0	5,1	6,3	6,3	5,1	4,6	3,7	5,1	4,4	4,6	4,7	4,0

Velocidad de viento Mensual (m/s)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	3,8	2,3	2,3	2,4	2,6		2,8	2,7	3,2	3,4	3,6	3,1
1992	2,4	2,4	2,2	2,0	2,0		2,2	2,4	2,2	2,4	2,4	2,5
1993	2,6	2,3	2,0	2,2	2,1		2,4	2,4	2,3	2,4	2,6	2,5
1994	2,5	2,2	2,0	2,1	2,1		2,2	2,2	2,3	2,6	2,6	2,6
1995	2,4	2,0	2,2	2,4	2,4		2,3	2,5	2,6	2,6	2,4	2,5
1996	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6		2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
1997	2,7	2,5	2,5	2,4	2,3		2,5	2,5	2,6	2,9	2,2	2,0
1998		1,9	1,9	1,8	1,7		2,0	2,0	2,2	2,2	2,1	2,2
1999	2,5	2,2	1,6	1,9	1,7		2,0	2,1	2,1	2,4	2,4	2,3
2000	2,5	2,3	2,1	2,1	2,1		2,2	2,1	2,1	2,3	2,4	2,3
2001	2,3	2,2	2,0	1,8	1,8		2,0	1,8	2,2	2,3	2,2	2,0
2002	2,5	1,9	1,8	1,7	1,8		2,0	2,1	2,3	2,2	2,1	1,9
2003	2,2	1,9	2,2	2,5	2,3		2,1	2,3	2,1	1,9	2,0	2,1
2004	2,3	2,0	2,0	2,4	2,0		2,0	2,3	2,2	1,7	1,4	1,3
2005	2,3	2,2	1,8	2,1	2,0		1,8	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9
2006	2,2	1,8	1,7	1,9	1,6		1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0
2007	1,8	1,5	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,2
2008	2,4	2,1	2,0	2,1	2,1	1,7	1,8	1,8	2,0	1,9	1,9	2,1
2009	1,3	1,7	1,8	1,9	1,9	1,8	2,0	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2
2010	2,4	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2
2011	2,8	2,1	2,4	2,1	2,2	2,0	2,1	2,3	2,3	2,2	2,3	2,4
2012	2,8	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,2	2,0	2,3	2,2	2,1	2,4
2013	2,7	2,1	1,9	2,0	1,8	1,7	1,9	2,2	2,3	2,1	2,3	2,4
2014	2,4	2,1	1,9	1,7	1,1	0,9	1,8	2,2	2,3	2,2	2,2	2,4
2015	2,9	2,2	2,1	1,8	1,9	1,8	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1	2,3
2016	2,4	1,9	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	2,1	1,1
2017	2,5	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,9	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0
2018	2,4	2,1	2,2	2,1	1,9	2,0	2,0	2,1	2,4	2,3	2,1	2,0
2019	2,4	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,4	2,2	2,3	2,2
2020	2,7	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9	2,1	2,3	2,3	2,1	2,0

Evaporímetro Piche Mensual (mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1991	165,3	149,5	161,8	92,5	109,7	95,7	87,8	117,4	101,2	97,8	131,5	137,1
1992	140,6	99,2	79,6	77,2	96,2	90,2	106,7	76,5	69,2	81,6	87,9	104,2
1993	122,3	71,1	73,3	87,4	86,0	92,6	90,9	84,8	74,8	82,7	85,4	99,1
1994	97,0	70,1	76,1	78,8	90,6	75,8	65,1	50,1	58,9	101,0	98,1	100,8
1995	97,9	58,2	75,8	108,4	111,9	102,7	79,8	69,7	75,1	70,9	82,6	105,2
1996	116,0	108,0	110,2	112,0	116,5	68,4	72,7	70,6	69,4			
1997	130,3	110,3	111,1	84,0	97,1	105,5	125,1	119,8	108,9	126,3	77,1	57,6
1998	48,1	39,5	48,1	53,1	53,2	36,2	56,1	66,4	67,6	69,7	80,0	91,6
1999	84,6	69,7	61,3	58,2	52,1	52,5	59,0	54,1	54,5	71,2	64,1	79,0
2000	112,1	86,7	80,6	85,8	63,8	56,3	60,2	60,3	57,3	65,8		
2001			55,4	52,2	49,0	43,2	48,0	57,4	37,4	59,9	68,5	74,2
2002	103,3	60,0	53,3	47,3	73,8	71,0	69,5	61,3	72,2	60,3	78,6	80,1
2003	71,7	66,9	109,9	116,6	115,7	71,4	67,8	92,1	45,5	84,0	88,5	102,4
2004	62,7	73,1	62,2	57,1	56,2	37,9	33,1	37,4	33,9	52,7	56,2	64,1
2005	61,4	68,7	61,3	80,5	78,5	49,6	61,4	73,6	50,6	44,9	63,3	50,6
2006	38,3	48,4	51,6	67,6	82,3	53,4	43,2			80,0	60,2	
2007	25,7	55,5	55,8	49,9	53,6	66,7	77,5	50,4	66,8	71,5		79,0
2008	41,1	47,0	47,5	51,8	59,6	57,8	73,7	71,6	74,5	79,0	91,0	115,8
2009	71,2	51,8	64,7	86,7	92,6	88,4	96,9	82,6	76,4	83,4	85,0	96,7
2010	90,4	61,2	71,5	75,4	78,6	72,9	83,3	44,0	31,8	76,5	74,0	107,3
2011	133,3	89,7	144,8	106,7	107,6	95,3	99,1	75,8	82,9	76,2	98,5	125,1
2012	103,0	70,8	85,3	68,9	78,3	81,9	102,2	75,0	80,6	83,2	84,9	117,5
2013	69,8	97,6	74,2	90,0	80,8	48,6	45,2	75,7	75,1	68,8	89,7	113,3
2014	61,7	99,9	124,7	133,4	89,7	96,5	100,6	90,8	83,7	81,3	100,1	117,6
2015	87,4	91,3	89,3	74,1	79,2	85,5	107,9	92,6	113,1	90,2	99,9	112,3
2016	105,7	76,2	70,7	70,7	83,1	87,5	95,1	84,0	86,4	83,6	65,7	119,5
2017	98,0	61,0	53,9	62,6	62,8	70,3	75,2	83,6	88,3	85,3	83,6	112,0
2018	111,1	96,4	117,3	107,1	73,7	77,2	67,7	70,1	52,6	50,7	41,3	59,1
2019	64,7	37,7	61,1	86,2	61,3	51,2	42,9	49,7	38,6	40,3	49,5	60,3

Presión Atmosférica Mensual (mb)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1992	1007,8	1007,5	1007,5	1006,9	1007,8	1008,8	1009,0	1009,3	1008,3	1008,4	1007,9	1007,5
1993	1008,3	1007,5	1007,4	1006,0	1006,9	1007,5	1008,4	1009,0	1009,2	1008,8	1008,6	1007,4
1994	1007,8	1007,2	1007,8	1007,5	1007,6	1009,9	1009,1	1009,6	1009,0	1008,6	1008,8	1007,0
1995	1007,5	1008,1	1007,3	1006,4	1007,9	1008,5	1008,5	1009,1	1009,5	1008,6	1008,5	1009,0
1996	1007,6	1006,9	1007,3	1007,5	1008,6	1009,1	1010,0	1009,7	1008,6	1009,3	1008,1	1007,3
1997	1008,9	1006,3	1006,5	1007,2	1006,2	1007,0	1006,4	1010,3	1007,3	1006,8	1006,5	1005,6
1998	1004,5	1005,6	1005,1	1006,2	1007,1	1007,8	1008,8	1008,9	1009,0	1009,0	1008,6	1008,5
1999	1007,3	1008,1	1006,4	1007,5	1008,4	1009,0	1009,4	1009,8	1009,4	1009,2	1008,9	1008,6
2000	1008,0	1008,7	1007,1	1007,2	1008,0	1008,8	1009,0	1008,7	1009,3	1008,5	1008,2	1008,0
2001	1008,0	1006,0	1006,9	1006,7	1006,7	1008,1	1008,6	1009,1	1009,0	1009,0	1008,8	1008,5
2002	1007,5	1006,7	1006,7	1006,9	1006,7	1008,3	1009,2	1008,6	1008,9	1007,5	1007,5	1007,5
2003	1007,1	1006,7	1006,8	1007,2	1007,3	1008,5	1008,9	1009,0	1009,2	1008,5	1007,9	1007,3
2004	1007,5	1006,9	1005,4	1007,0	1007,1	1007,9	1008,5	1008,6	1008,3	1007,6	1007,8	1007,4
2005	1007,1	1006,4	1007,4	1006,5	1007,4	1007,6	1008,7	1008,5	1008,3	1009,3	1008,2	1008,0
2006	1006,4	1006,2	1006,5	1006,9	1008,3	1008,1	1009,4	1008,4	1009,3	1008,8	1008,2	1008,4
2007	1007,0	1008,6	1007,4	1008,0	1008,9	1008,9	1008,9	1008,9	1008,9	1008,9	1008,9	1008,6
2008	1007,4	1008,3	1007,4	1006,4	1007,8	1008,0	1009,1	1008,4	1008,6	1009,2	1008,6	1008,2
2009	1007,9	1006,7	1006,6	1007,2	1007,4	1008,1	1007,9	1008,1	1008,1	1007,6	1007,0	1006,9
2010	1005,8	1005,4	1006,1	1006,6	1007,5	1009,2	1009,4	1009,5	1009,2	1009,3	1009,2	1007,7
2011	1006,5	1006,9	1007,1	1007,1	1007,0	1007,8	1007,8	1008,6	1009,1	1009,3	1008,4	1007,3
2012	1007,7	1006,9	1005,5	1006,8	1006,7	1007,9	1007,3	1009,2	1009,2	1008,8	1008,2	1007,0
2013	1006,9	1006,3	1006,3	1007,1	1009,0	1008,5	1009,1	1008,9	1008,7	1008,6	1008,3	1007,6
2014	1007,0	1006,5	1007,0	1006,4	1007,6	1007,2	1007,9	998,3	1008,7	1008,7	1008,6	1008,6
2015	1007,0	1007,1	1007,1	1006,0	1006,5	1006,5	1007,5	1007,6	1007,4	1008,0	1006,6	1005,4
2016	1007,0	1005,5	1007,1	995,5	1007,7	1008,8	1008,8	1008,6	1009,1	1008,5	1008,2	1007,5
2017	1007,5	1007,2	1007,0	1006,3	1007,6	998,3	1009,1	1009,0	1008,7	997,2	1008,2	1007,5
2018	1006,7	1007,4	1006,2	1007,4	1008,0	1008,8	1008,8	1008,8	1007,8	1009,0	1007,8	1007,4
2019	1007,1	1006,5	1006,4	1006,9	1007,0	1007,6	1008,2	1008,9	1009,1	1008,5	1007,6	1007,0

ANEXO 16: Descarga de Data meteorológica registrada en las Estaciones SENAMHI en estudio.



senamhi.gob.pe/?p=estaciones

Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional

Estación: CAÑAVERAL

Departamento: TUMBES Provincia: CONTRALMIRANTE VILLAR Distrito: CASITAS Ir: 2018-04

Latitud: 3°56'20.58" S Longitud: 80°39'1.98" W Altitud: 133 msnm.

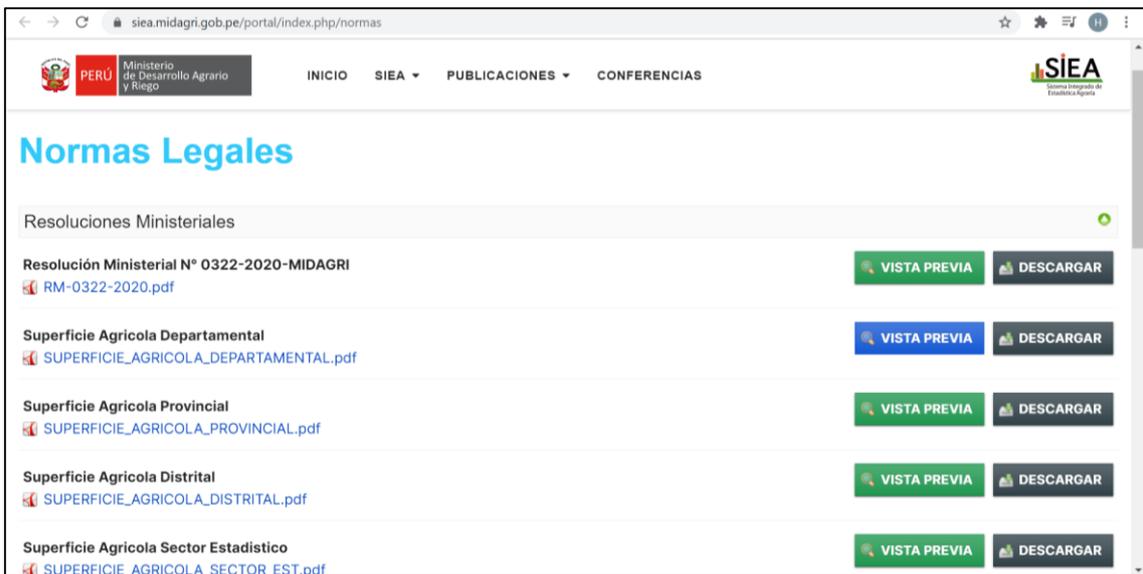
Tipo: Automatica - Meteorológica Codigo: 472F13D0

Exportar a Excel Exportar a CSV

AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm/hora)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
2018/04/01	00:00	25.3	0.0	74	353	0.6
2018/04/01	01:00	25.4	0.0	73	171	1.0
2018/04/01	02:00	25.5	0.0	72	1	S/D
2018/04/01	03:00	25.3	0.0	71	203	0.6
2018/04/01	04:00	25.2	0.0	71	108	0.7
2018/04/01	05:00	24.6	0.0	76	42	0.9
2018/04/01	06:00	24.6	0.0	76	1	S/D
2018/04/01	07:00	24.6	0.0	73	20	1.2
2018/04/01	08:00	24.7	0.0	74	12	0.9
2018/04/01	09:00	25.8	0.0	70	12	1.6
2018/04/01	10:00	27.4	0.0	63	5	1.1
2018/04/01	11:00	29.1	0.0	67	209	0.8
2018/04/01	12:00	31.1	0.0	61	199	1.5
2018/04/01	13:00	32.5	0.0	47	258	2.3

Sitio Web: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

ANEXO 17: Descarga de Datos Vectoriales en Formato Shapefile



The screenshot shows the SIEA website interface. The header includes the logo of the Ministry of Agriculture and Irrigation and the SIEA logo. The main content area is titled "Normas Legales" and lists several resolutions with "VISTA PREVIA" and "DESCARGAR" buttons. The download buttons are labeled "DESCARGAR" and are associated with Shapefile format.

Resolución Ministerial	VISTA PREVIA	DESCARGAR
Resolución Ministerial N° 0322-2020-MIDAGRI RM-0322-2020.pdf	[VISTA PREVIA]	[DESCARGAR]
Superficie Agrícola Departamental SUPERFICIE_AGRICOLA_DEPARTAMENTAL.pdf	[VISTA PREVIA]	[DESCARGAR]
Superficie Agrícola Provincial SUPERFICIE_AGRICOLA_PROVINCIAL.pdf	[VISTA PREVIA]	[DESCARGAR]
Superficie Agrícola Distrital SUPERFICIE_AGRICOLA_DISTRITAL.pdf	[VISTA PREVIA]	[DESCARGAR]
Superficie Agrícola Sector Estadístico SUPERFICIE_AGRICOLA_SECTOR_EST.pdf	[VISTA PREVIA]	[DESCARGAR]

Sitio Web: <https://siea.midagri.gob.pe/portal/index.php/normas>

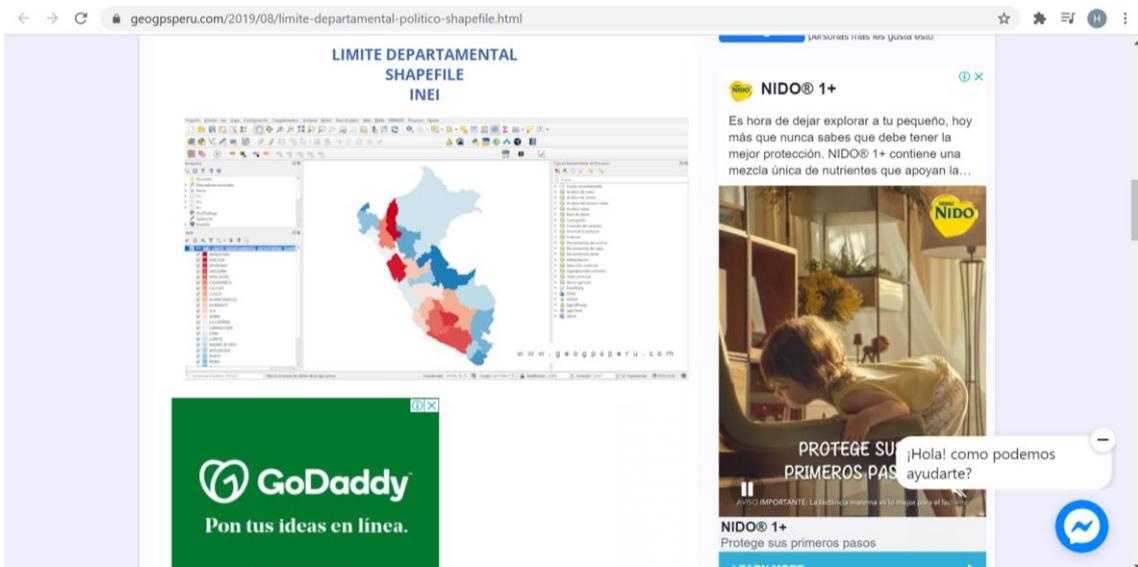


The screenshot shows the MTC website interface. The header includes the logo of the Ministry of Transport and Communications and the MTC logo. The main content area is titled "Caminos y Ferrocarriles / Normas de carreteras" and displays a table with spatial information for the National Road Network.

DESCRIPCIÓN	SHAPEFILE	KML / KMZ
Red Vial Nacional (Actualizado Setiembre 2019)	[DESCARGAR]	[DESCARGAR]

Sitio Web:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/informacion_especial.html



Sitio Web: <https://www.geogpsperu.com/>

ANEXO 17: Matriz de Consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	UNIDADES
<p>ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN LA REGIÓN DE TUMBES</p>	<p>¿Se puede determinar la Evapotranspiración de referencia, haciendo uso de los datos que nos ofrecen las estaciones meteorológicas en la región de Tumbes?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>_Realizar un analisis comparativo entre métodos empíricos de estimación de Evapotraspiración de referencia y determinar cuál de ellos se aproxima al Modelo estandar Penman Monteith.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS</p> <p>_Determinar la Evapotranspiración de Referencia con los datos disponibles en las Estaciones meteorológicas de la Región de Tumbes, mediante el método que se aproxime al de Penman Monteith.</p> <p>_Caracterizar la distribución espacial de la Evapotranspiración de Referencia mensual en la región de Tumbes.</p> <p>_Proporcionar el valor de la Evapotranspiración de Referencia, para un posterior cálculo de las necesidades de riego para diferentes cultivos.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>_ Los datos climáticos medidos en las estaciones son suficientes para calcular la evapotranspiración mediante formulas empíricas.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>_La determinación de la Evapotranspiración de Referencia mensual con el Método Thornthwaite es el que más se aproxima al Método Penman Monteith.</p> <p>_Mediante la interpolación de los resultados obtenidos con los datos de las estaciones metereológicas, se puede caracterizar la distribución espacial de la Evapotranspiración de Referencia mensual y anual.</p> <p>_El resultado de la Evapotranspiración de Referencia permite estimar las necesidades hidricas de los cultivos, al ser multiplicada por un coeficiente de cultivo.</p>	<p>VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Humedad relativa. ✓ Horas de sol. ✓ Velocidad del viento. ✓ Radiación Solar. ✓ Temperatura media. <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Evapotranspiración.</p>	<p>POBLACIÓN</p> <p>La población está constituida por todas las estaciones meteorológicas de la Región de Tumbes.</p> <p>MUESTRA</p> <p>La muestra está constituida por seis estaciones metereológicas</p>

