



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

**Análisis comparativo de métodos empírico-semi-empírico para
estimar la evapotranspiración en la provincia de Loja.**

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del Título de Ingeniero
Agrícola

AUTOR:

Luis Alfredo Moreno Romero

DIRECTOR:

Ing. Aníbal Eduardo González González Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2023

Educamos para Transformar

Certificación.

Loja, 22 de agosto del 2022

Ing. Aníbal Eduardo González González Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS EMPÍRICO-SEMI-EMPÍRICO PARA ESTIMAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA PROVINCIA DE LOJA**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de la autoría del estudiante **Luis Alfredo Moreno Romero**, con cédula de identidad Nro.**1150688131**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Aníbal Eduardo González González Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría.

Yo, **Luis Alfredo Moreno Romero**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de Identidad: 1150688131

Fecha: 13 de septiembre del 2023.

Correo electrónico: luis.a.moreno@unl.edu.ec

Teléfono o Celular: 0968258158

Carta de autorización del por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Luis Alfredo Moreno Romero**, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación denominado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS EMPÍRICO-SEMI-EMPÍRICO PARA ESTIMAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA PROVINCIA DE LOJA**, como requisito para optar por el título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de septiembre del dos mil veintitrés.

Firma: 

Autor: Luis Alfredo Moreno Romero

Cédula: 1150688131

Dirección: Los Ciprés, Loja-Ecuador

Correo electrónico: Luis.a.moreno@unl.edu.ec

Celular: 0968258158

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Aníbal Eduardo González González Mg. Sc.

Dedicatoria.

El presente Trabajo de Titulación se lo dedico en especial a Dios que supo guiarme por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante, a mis padres Cesar Moreno y Nancy Romero , por ser un pilar fundamental y apoyo constante en cada paso que doy quienes gracias a su formación me han ayudado a formarme como persona, a mis hermanos Pablo y Gabriela por su apoyo para culminar este trabajo, también a mis compañeros: Paola Gaona, Pablo Abad, Marco Cueva, Galo Macas que me acompañaron en el proceso de mi formación académica.

Luis Alfredo Moreno Romero.

Agradecimiento.

Expreso mis más sinceros agradecimientos a todos quienes de alguna manera contribuyeron en la realización de la presente investigación:

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de recursos Naturales Renovables, A través de la carrera de Ingeniería Agrícola, donde obtuvimos todos los conocimientos que han contribuido a nuestra formación profesional.

Al Ing. Aníbal Eduardo González González Mg. Sc. Director del Centro integrado de Geomática Ambiental CINFA por su gran apoyo y sugerencias en parte del proceso de la tesis.

Al Ing. Cesar Benavides Mg. Sc por compartir sus conocimientos en el uso de nuevas tecnologías que contribuyeron a la realización de la tesis.

Finalmente, expreso un infinito y profundo agradecimiento a mis amigos y futuros colegas, que me acompañaron en mi proceso de formación.

Luis Alfredo Moreno Romero.

Índice de contenidos.

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Indicé de figuras.....	x
Indicé de tablas.....	xi
Indicé de anexos.....	xii
Lista de acrónimos	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Proceso de evapotranspiración.....	6
4.2. Factores que afectan la evapotranspiración.....	6
4.2.1. Variables climáticas.....	6
4.3. Métodos para estimar la evapotranspiración.....	8
4.3.1. Métodos semi-empíricos.....	8
4.3.1.1. Método de Hargreaves.....	8
4.3.1.2. Método de Thornthwaite.....	9
4.3.1.3. Método de Blaney-Morin.....	9
4.3.1.4. Método de Jensen-Haise.....	10

4.3.2. Método empírico de Penman-Monteith.....	10
4.4. BASE DE DATOS CHELSA.	11
4.5. Software R.....	11
5. Metodología.....	13
5.1. Ubicación política de la zona de estudio.....	13
5.2. Ubicación Geográfica.....	13
5.3. Materiales de oficina	13
5.4. Metodología para el primero objetivo:.....	14
5.4.1. Elaboración de isothermas considerando el gradiente altitudinal.	15
5.5. Metodología para el segundo objetivo:	16
5.5.1. Métodos semi-empíricos	16
5.5.1.1. Método de Hargreaves.	16
5.5.1.2. Método de Thornthwaite	16
5.5.1.3. Método de Blaney-Morin	17
5.5.1.4. Método de Jensen – Haise	17
5.5.2. Método empírico (Penman-Monteith).....	18
6. Resultados	19
6.1. Resultados para el primero objetivo:.....	19
6.1.1. Mapa de isothermas de la provincia de Loja.....	21
6.2. Resultados para el segundo objetivo:	22
6.3. Métodos semi- empíricos y empíricos	22
6.4. Mapas anuales de evapotranspiración por los métodos semi-empíricos.....	23
6.4.1. Mapa de ET_o anual con el método de Hargreaves.....	24
6.4.2. Mapa de ET_o anual con el método de Thornwaite.....	25
6.4.3. Mapa de ET_o anual con el método de Blaney-Morin.	26
6.4.4. Mapa de ET_o anual con el método de Jensen-Haise.....	27

6.5. Mapa anual de evapotranspiración del método empírico.....	28
6.5.1. Mapa de ET_0 anual con el método de Penman-Monteith.....	28
7. Discusión	30
8. Conclusiones	32
9. Recomendaciones	33
10. Bibliografía	34
11. Anexos.	38

Indicé de figuras:

Figura 1. Mapa de ubicación de la provincia de Loja-zona 17S.	13
Figura 2. Mapa de todas las estaciones meteorológicas de la provincia de Loja.....	14
Figura 3. Mapa de isotermas y su distribución en la provincia de Loja.....	21
Figura 4. Resultados de ETo media de los métodos semi- empíricos calculados mediante las fórmulas y empíricos por la extracción de datos del CHELSA-CLIMATE).	22
Figura 5. Porcentaje de aproximación de todos los métodos semi-empiricos con el método empírico Penman-Monteith.....	23
Figura 6. Distribución de la ET _o (mm/día) por el método de Hargreaves para toda la provincia de Loja.....	24
Figura 7. Distribución de la ET _o (mm/día) por el método de Thornwaite para toda la provincia de Loja.....	25
Figura 8. Distribución de la ET _o (mm/día) por el método de Blaney-Morin para toda la provincia de Loja.....	26
Figura 9. Distribución de la ET _o (mm/día) por el método de Blaney-Morin para toda la provincia de Loja.....	27
Figura 10. Distribución de la ETo (mm/día) por el método de Penman-Monteith para toda la provincia de Loja.....	28

Indicé de tablas:

Tabla 1. Temperatura media mensual (°C) de cada estación periodo 1990-2012.	19
Tabla 2. Temperatura min (°C) de cada estación periodo 1990-2012.	19
Tabla 3. Temperatura max (°c) de cada estación periodo 1990-2012.	20
Tabla 4. Humedad relativa (%) de cada estación periodo 1990-2012.	20
Tabla 5. Diferencia de valores de los métodos semi-empíricos con Penman-Monteith.	23
Tabla 6. Áreas que cubre la ET_o por el método de Hargreaves en los cantones en la provincia de Loja.	24
Tabla 7. Áreas que cubre la ET_o por el método de Thornwaite en los cantones en la provincia de Loja.	25
Tabla 8. Áreas que cubre la ET_o por el método de Blaney-Morin en los cantones en la provincia de Loja.	26
Tabla 9. Áreas que cubre la ET_o por el método de Jensen-Haise en los cantones en la provincia de Loja.	27
Tabla 10. Áreas que cubre la ET_o por el método de Penman-Monteith en los cantones en la provincia de Loja.	28

Indicé de anexos:

Anexo 1. tablas de las estaciones meteorológicas (temperatura).....	38
Anexo 2. Tablas de las estaciones meteorológicas (Humedad Relativa).....	45
Anexo 3. Tabla de radiación solar extraterrestre	51
Anexo 4. Porcentaje medio diaria de horas de sol.	51
Anexo 5. Estaciones meteorológicas convencionales de la provincia de Loja.	51
Anexo 6. Estaciones meteorológicas automáticas de la provincia de Loja	53
Anexo 7. Estaciones meteorológicas activas en la provincia de Loja	54
Anexo 8. Visita de campo a los cantones-parroquias de la provincia de Loja.	56
Anexo 9. Certificado de traducción.	62

Lista de acrónimos

CO: climatológica ordinaria.

PV: pluviométrica.

AU: automática.

AR: aeronáutica.

INAMHI instituto nacional de meteorología e hidrología.

PP: precipitación.

T: temperatura.

WSPD: velocidad del viento.

HR: humedad relativa.

ASCE: American Society of Civil Engineers.

ET_o: Evapotranspiración.

CHELSA: Climatologies at high resolution for the earth's land surface áreas.

PDOT: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

IGM: Instituto Geográfico Militar

.

1. Título

Análisis comparativo de métodos empírico-semi-empírico para estimar la evapotranspiración en la provincia de Loja.

2. Resumen

La Evapotranspiración es una de las variables de mayor jerarquía en el campo de las ciencias agronómicas, por lo que es considerada un elemento importante pensando en las necesidades hídricas de los cultivos, para que de esta manera se puedan desarrollar de manera correcta. La investigación consiste en calcular la evapotranspiración mediante diferentes métodos semi-empíricos (Jensen-Haise, Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Morin) comparándolos con el método empírico (Penman-Monteith) para estimar la ET_0 en la provincia de Loja y su distribución sobre los cantones a partir de las estaciones meteorológicas.

La evapotranspiración por los métodos semi-empíricos se calcularon mediante el uso de los anuarios meteorológicos, por el poco requerimiento de datos que se requiere al aplicar las fórmulas. A diferencia del método de Penman-Monteith establecido por la FAO (*La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*), el cual se obtuvo a partir de los datos climáticos de la página CHELSA para una serie estadística de 22 años, esta manera compararlos con los métodos utilizados para el cálculo de la evapotranspiración en la zona de estudio.

Como resultado de la investigación se obtuvo una aproximación con el método de Jensen-Haise en un 84.19%, de Hargreaves con un 74.10%, Thornthwaite con un 59.50% y Blaney-Morin con un 41.82%; por lo tanto se puede considerar aplicar los dos primeros métodos semi-empíricos por tener un mayor parentesco con el de Penman-Monteith, pero se debe de tomar en cuenta al momento de representar la distribución de la ET_0 en un mapa ya que difiere mucho en algunos cantones de la zona de la provincia de Loja.

Palabras Clave: Evapotranspiración, métodos empíricos y semi empíricos, Penman-Monteith, Jensen-Haise, Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Morin.

2.1. Abstract

Evapotranspiration is one of the most important variables in the field of agronomic sciences, so it is considered an important element to consider the water needs of crops, so that they can develop correctly. The research consists of calculating evapotranspiration using different semi-empirical methods (Jensen-Haise, Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Morin) compared with the empirical method (Penman-Monteith) to estimate ETo in the province of Loja and its distribution over the cantons from the meteorological stations.

The evapotranspiration by the semi-empirical methods was calculated using meteorological yearbooks, due to the low data requirements for applying the formulas. Unlike the Penman-Monteith method established by the FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), which was obtained from the climatic data of the CHELSA page for a statistical series of 22 years, this way we compared them with the methods used for the calculation of evapotranspiration in the study area.

As a result of the investigation, an approximation was obtained with the Jensen-Haise method with 84.19%, Hargreaves with 74.10%, Thornthwaite with 59.50% and Blaney-Morin with 41.82%; therefore, the first two semi-empirical methods can be considered for having a greater kinship with the Penman-Monteith method, but they should be taken into account when representing the ETo distribution on a map since it differs greatly in some cantons of Loja province.

Keywords: Evapotranspiration, empirical and semi-empirical methods, Penman-Monteith, Jensen-Haise, Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Morin.

3. Introducción

La evapotranspiración (ET_o) es fundamental para el estudio de los procesos hidrológicos, la caracterización climática y agronómica, la elaboración de modelos de cambio climático, y la gestión de los recursos hídricos; Cabe recalcar también de la importancia en el control de inundaciones y sequías, en la planificación de obras de infraestructura, entre otras, Los factores que intervienen en el proceso de ET son diversos como las variables en el tiempo y en el espacio, por lo que cobran relevancia los datos de satélite, debido a que con ellos se puede obtener una variación espacio-temporal de los componentes del ciclo hidrológico a diferentes escalas y resoluciones, con una tasa alta de precisión (Degano et al., 2021).

La producción puede consumir mucha más agua cuando hay altas temperaturas, vientos constantes o cuando el manejo del suelo no es el adecuado, la evapotranspiración es la cantidad de agua que vuelve a la atmósfera procedente por un lado del suelo donde crece el cultivo (evaporación) y por el otro de la transpiración del propio cultivo, para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere de energía como la radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionarán esta energía (Monge, 2019).

La FAO (2014) menciona que para reducir la evapotranspiración las sales presentes en la solución del suelo hacen el agua del suelo menos disponible para su extracción por las raíces de las plantas, ya que las sales poseen afinidad por el agua, por otra parte, algunas sales generan efectos tóxicos en las plantas, lo que puede producir la reducción del metabolismo y del crecimiento de las plantas; también otra alternativa sería planificar el riego para las horas del día en las que existe menos intensidad de la radiación del sol, el objetivo principal del riego es la aplicación del agua en el momento preciso y con la cantidad precisa de agua para que de esta manera compensar las pérdidas de agua por evapotranspiración.

Este estudio ayudara a observar la distribución de la ET_o en la provincia de Loja para que de esta manera se pueda prevenir perdidas en los cultivos por mal manejo del agua en los diferente sectores de la zona de estudio, por otra parte, permite conocer sobre las necesidades hídricas de los cultivos a nivel local, con el fin de crear una base de datos que ayude a la producción agrícola de la provincia del Loja, calculando la ET_o a través los métodos semi-empíricos para encontrar el que más se asemeje al método establecido por la FAO (Penman-Monteith).

Por lo señalado, el estudio busca, dar respuesta a la siguiente interrogante:

¿Cuál método se adaptaría mejor a la provincia de Loja para estimar las necesidades de agua destinadas a diferentes fines y optimizar su uso?, para dar respuesta a la interrogante se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general.

- Contribuir al conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos a través de la estimación de la evapotranspiración de la provincia de Loja a través de la utilización de métodos empíricos y semi-empíricos, utilizando sistemas de información geográfica.

Objetivos específicos

- Estructurar una base de datos que contenga los parámetros necesarios para estimar la evapotranspiración a través de métodos empíricos y semi-empíricos.
- Determinar la evapotranspiración en la provincia de Loja a través de los métodos empíricos y semi empíricos.

4. Marco teórico

4.1. Proceso de evapotranspiración

Se conoce como evapotranspiración (ET_0) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo (Sanchez, 2019).

- **Evaporación:** La evaporación es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor (habría que añadir la sublimación –sólido a vapor– desde la nieve y el hielo). Se produce evaporación desde, la superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación, desde las superficies de agua (ríos, lagos, embalses), desde el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo. Puede tratarse de agua recién infiltrada o, en áreas de descarga, de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido en el subsuelo (Quezada, 2015).
- **Transpiración:** Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera, los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas, la vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática, casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego, por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración. (Sanchez, 2019).

4.2. Factores que afectan la evapotranspiración.

4.2.1. 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 (Soto, 2016).

- **Radiación solar:** El proceso de evapotranspiración es determinado por la cantidad de energía para evaporar el agua, la radiación solar es la mayor fuente de energía del planeta y puede transformar grandes cantidades de líquido en vapor de agua la cual está determinada por su ubicación geográfica y el año (FAO, 2014).
- **Temperatura del aire:** La radiación solar absorbida por la atmósfera y el calor de la tierra elevan la temperatura del aire, el calor sensible del aire ambiental transfiere energía al cultivo y luego ejerce cierto control sobre la evapotranspiración, en un día caluroso y soleado, la pérdida de agua por evapotranspiración será mayor que en un día fresco y nublado. (FAO, 2014).
- **Humedad del aire:** Si bien la entrada de energía del sol y el aire es la principal fuerza impulsora de la evaporación del agua, la diferencia entre la presión del vapor de agua en la evapotranspiración y el aire circundante es el factor determinante para la eliminación del vapor. Las áreas bien irrigadas en las regiones áridas cálidas y secas consumen grandes cantidades de agua debido a la alta disponibilidad de energía y la potencia requerida para el vapor atmosférico (FAO, 2014).
- **Velocidad del viento:** El proceso de eliminación de vapor depende en gran medida de las turbulencias del viento y del aire que transfieren grandes cantidades de aire a la superficie de evaporación, con la evaporación de agua, el aire sobre la superficie se satura gradualmente con vapor; Si este aire no se reemplaza permanentemente por más aire seco, la intensidad de la eliminación de vapor disminuye y la tasa de evapotranspiración disminuye (FAO, 2014).
- **Factores de cultivo:** El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos, aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas (Soto, 2016).
- **Manejo y condiciones ambientales:** Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad

del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto puede ser significativo especialmente en condiciones ventosas, calientes y secas, aunque la evapotranspiración de los mismos árboles podría compensar cualquier reducción en el campo (Soto, 2016).

4.3. Métodos para estimar la evapotranspiración.

4.3.1. Métodos semi-empíricos.

Existen muchos métodos semi-empíricos para estimar la evapotranspiración, los que hemos escogido para realizar esta investigación son:

4.3.1.1 Método de Hargreaves.

Toda la información fue descrita por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI (2015), el cual menciona que fue establecida en 1985 para evaluar la evapotranspiración, los cuales para su estimación se necesita los datos de temperatura y de radiación solar.

$$ET_o = 0.0135(t_{med} + 17.78)R_s$$

- **ET_o**: evapotranspiración potencial diaria, mm/día.
- **T_{med}**: temperatura media °C.
- **R_s**: radiación solar incidente, convertida en mm/día.

La radiación solar incidente, R_s se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre (la que llega a la parte exterior de la atmosfera, que sería la que llegaría al suelo si no existiera atmosfera); varios autores la mencionan como R_o ó R_a , y la leemos en tablas en función de la latitud del lugar y del mes.

$$R_s = R_o * KT * (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

- **R_s**: Radiación solar incidente.
- **R_o**: Radiación solar extraterrestre.
- **KT**: Coeficiente ($KT = 0,162$ para regiones del interior y $KT = 0,19$ para regiones costeras).
- **T_{max}**: Temperatura diaria máxima (°C).
- **T_{min}**: Temperatura diaria mínima (°C).

El coeficiente KT de la expresión es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves recomienda $KT = 0,162$ para regiones del interior y $KT = 0,19$ para regiones costeras (Ramírez et al., 2015).

Para calcular la radiación solar extraterrestre se toma en cuenta la latitud y el hemisferio en el cual se encuentra la zona de estudio, se lo puede observar en el anexo 3.

4.3.1.2 Método de Thornthwaite

Los cálculos de Thornthwaite (1948) están basados en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes. El método es muy empleado en Hidrología y en la estimación del balance hídrico para Climatología e Hidrología de cuencas, también es empleado en los índices y clasificaciones climática (Almorox, 2008).

Thornthwaite comprobó que la evapotranspiración era proporcional a la temperatura media afectada de un coeficiente exponencial su fórmula es la siguiente:

$$ET_o = 16 \left[\frac{10T}{I} \right]^a$$

- **ET_o**: Evapotranspiración.
- **T**: Temperatura media mensual (°C).
- **I**: Índice calórico anual.
- **a**: parámetro dependiente de I.

$$I = \left[\frac{T}{5} \right]^{1.514}$$

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

4.3.1.3 Método de Blaney-Morin

Este método se basa en la temperatura, humedad relativa y el porcentaje de horas luz, este se encuentra entre los métodos más sencillos para determinar la evapotranspiración, según Benavides (1986) la formula a utilizar es la siguiente:

$$ET_p = k = 1 = \frac{k \cdot t \cdot P}{100} \cdot 144 - hr$$

- **ET_p**: evapotranspiración potencial (mm).
- **t**: temperatura media mensual (°C).
- **P**: porcentaje mensual de las horas anuales de iluminación (%).
- **hr**: porcentaje mensual de la humedad relativa (%).
- **k**:1.

4.3.1.4 Método de Jensen–Haise

Establecida en 1990 en Estados Unidos y modificada por Landon en 2004, los autores Ortiz & Chile (2020) nos presenta la siguiente fórmula:

$$ET_0 = R_s(0.0252 \cdot T + 0.078)$$

Donde:

- ✓ **R_s**= radiación solar entrante de onda corta (mm d⁻¹).
- ✓ **ET₀**= Evapotranspiración en mm.
- ✓ **T**= temperatura media mensual (°C).

4.3.2. Método empírico de Penman-Monteith

La importancia de la evapotranspiración en las actividades agrícolas impulsó a Penman en 1948 a combinar el balance de energía con el método de transferencia de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación de una superficie de agua abierta a partir de registros climatológicos estándar de luz solar, temperatura, humedad y velocidad del viento. Esta fórmula, modificada en 1965 por Monteith y denominada fórmula de Penman-Monteith, ha tenido una relevancia extraordinaria en las investigaciones sobre balance energético, balance hídrico, requerimientos de agua, programas de irrigación, entre otras aplicaciones, desplazando la diversidad de formulaciones utilizadas para estimar la evapotranspiración. (FAO, 2016).

Posteriormente, en 1990, la FAO revisa la metodología de estimación, requerimiento de agua, irrigación y drenaje utilizada hasta la fecha, para adaptarse a los avances surgidos desde los años 70 y publica en 1998 un manual denominado *Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements, en Irrigation and Drainage*, es allí donde se indican las recomendaciones más adecuadas sobre la estimación de la evapotranspiración y el la fórmula de Penman-Monteith con los ajustes de la FAO la cual fue publicada en 1998. (Guevara, 2006).

La ecuación trabaja con datos de radiación solar diaria, temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima y velocidad de viento, para estimar la evapotranspiración de referencia, ésta fue revisada por el ASCE (American Society of Civil Engineers) la misma que se muestra a continuación. (Walter et al., 2005).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

- ✓ **ET_o**: Evapotranspiración de referencia (mm día).
- ✓ **Rn**: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹).
- ✓ **Ra**: Radiación extraterrestre (mm día⁻¹).
- ✓ **G**: Flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹).
- ✓ **T**: Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C).
- ✓ **u₂**: Velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹).
- ✓ **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⁻¹).
- ✓ **γ**: Constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

4.4. Base de datos CHELSA.

Los datos de CHELSA (*Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas*) contiene un conjunto de datos mensuales de precipitación, temperaturas máximas, mínimas y medias con una resolución de 30 segundos de arco para las áreas de la superficie terrestre, actualmente se encuentra alojado por el Instituto Federal Suizo para la Investigación de Bosques, Nieve y Paisajes WSL, está diseñado para proporcionar acceso gratuito a datos climáticos de alta resolución para investigación y aplicación, y se actualiza constantemente; Incluye capas climáticas para varios períodos de tiempo y variables, que van desde el ultimo Máximo Glacial, hasta el presente, también estima varios escenarios futuros. Hay archivos separados para cada mes a partir de enero de 1979 (Karger et al., 2021).

CHELSA se basa en una reducción de escala estadística mecánica de los datos de reanálisis global o la salida del modelo de circulación global y está disponible gratuitamente en la sección de descargas.

4.5. Software R.

R es un lenguaje para el análisis estadístico y gráfico, un ambiente de programación formado por un conjunto de herramientas muy flexibles que pueden ampliarse fácilmente mediante paquetes, librerías o definiendo nuestras propias funciones (Rocafull, 2018).

Las ventajas fundamentales son:

- Es una herramienta para todo tipo de procesamiento y manipulación de datos.
- Algunas técnicas avanzadas y robustas solo pueden realizarse con este software.
- Ambiente de trabajo muy flexible y extensible.
- Gran cantidad de información sobre sus funciones y paquetes de funciones.

5. Metodología.

5.1. Área de estudio.

La provincia de Loja, se ubica al sur Ecuador tiene una superficie de 11.063 km², limita con las provincia de El Oro al noroeste; con la provincia de Zamora Chinchipe al este; con la provincia del Azuay al norte; al sur con las provincias peruanas de Sullana y Ayabaca y al oeste con las provincias d Zarumilla y Tumbes, también pertenecientes al Perú.

5.2. Ubicación Geográfica.

Latitud sur: 3°59'35,3" y 4°5'25,36"

Longitud Oeste 79°12'15,2" y 79°39'22,80"

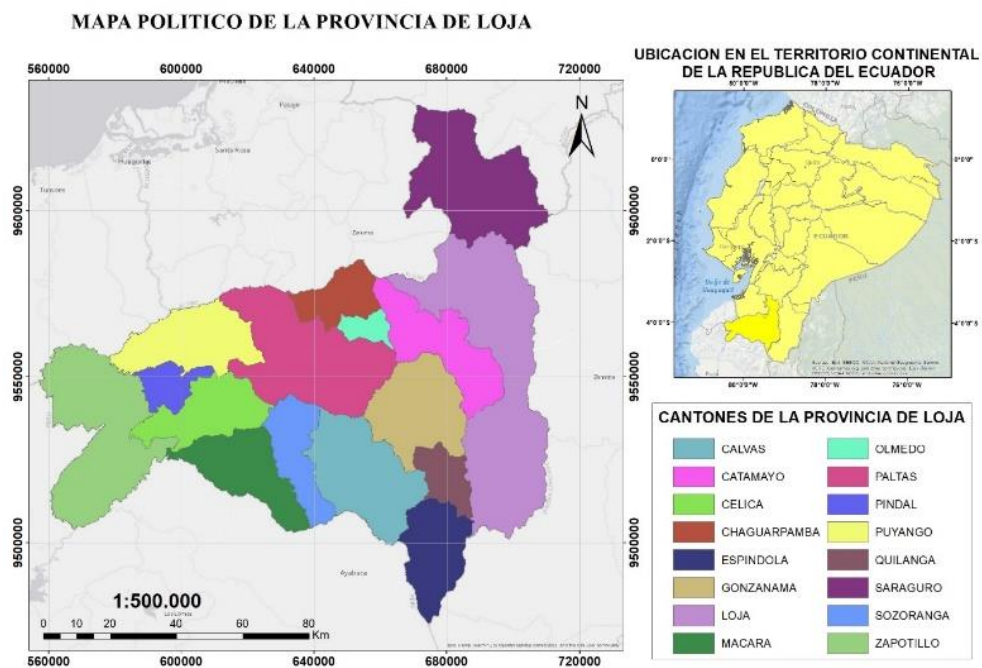


Figura 1. Mapa de ubicación de la provincia de Loja-zona 17S.

Fuente: Instituto Geográfico Militar-IGM.

5.3. Materiales de oficina

- Libreta de apuntes.
- Materiales de escritura.
- Computadora Laptop.
- Sistemas de información geográfica.
- Softwares estadísticos.
- Hardware (Computador)

- Archivos tipo TIF de la evapotranspiración de la página web (CHELSA - CLIMATE) desde el año 1990 al 2012.
- Anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI”

5.4. Metodología para el primero objetivo:

"Estructurar una base de datos que contenga los parámetros necesarios para estimar la evapotranspiración a través de métodos empíricos y semi-empíricos"

Para llevar esto a cabo se tomó en cuenta el número de estaciones meteorológicas que tiene la provincia Loja dando un total de 72 estaciones meteorológicas, 61 estaciones convencionales (anexo 5), y 11 estaciones automáticas (anexo 6), a continuación, se mostrara la ubicación de todas las estaciones en la zona de estudio (figura 2).

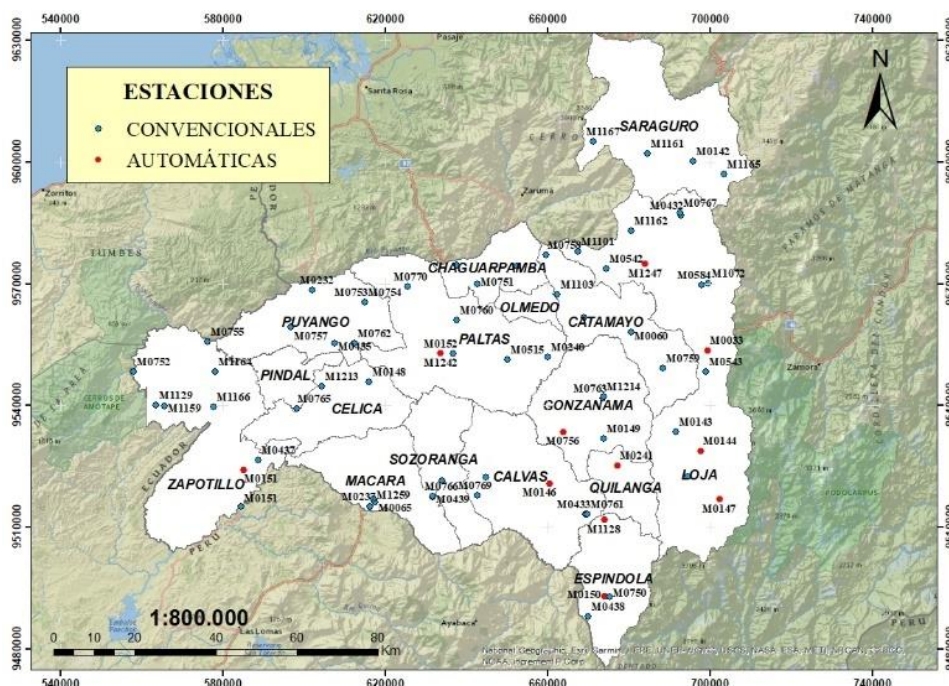


Figura 2. Mapa de todas las estaciones meteorológicas de la provincia de Loja.

Fuente: Instituto Geográfico Militar-IGM y cartografía software libre.

Las estaciones que se utilizaron para realizar este trabajo dependieron del estado en que se encuentran y el rango de años que brindan los anuarios meteorológicos del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). Así, se tomó en cuenta un total de 12 estaciones entre los periodos de 1990-2012, que se logró conseguir en la página web INAMHI de manera gratuita, pese a que se ha hecho los trámites necesarios para la obtención de datos más actualizados, no se pudo obtener

En el anexo 7 se encuentra detallado el rango de años y el número de variables como precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento tomando en cuenta solo los anuarios proporcionados por el INAMHI.

Ante esto se puede hacer una relación con las estaciones que se va a usar que del 100% del número total de estaciones meteorológicas solo un 17% de ellas que se encuentran dentro de la zona de estudio se utilizaron para realizar el cálculo de la evapotranspiración, además se utilizó dos estaciones que se encuentran fuera de la zona de estudio las cuales son Zaruma y Yanzatza que aportaron con datos de temperatura, todos estos datos se los puede encontrar en el anexo 1 y 2.

5.4.1. Elaboración de isotermas considerando el gradiente altitudinal.

Para realizar este análisis se utilizó la metodología aplicada por Fries et al. (2012) en su estudio: “*Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization*” para generar un mapa de isotermas o mapa de calor, tomando en consideración el gradiente altitudinal, para lo cual se requirió un modelo de elevación digital (DEM), y datos de temperatura de las estaciones meteorológicas las cuales se interpolaron por el método de la distancia inversa ponderada (IDW), del área de estudio.

Esto se realizó mediante la utilización de las siguiente formulas:

$$T_{Det} = T_{anual} + (\Gamma (Z_{Det} - Z_{estación}))$$

- **T_{anual}**: es la temperatura anual tomada de cada estación.
- **R**: es el gradiente entre la altura de la altura de la estación y la temperatura anual
- **Z_{det}**: es la tendencia y el nivel (2000 m s.n.m.)
- **Z_{estacion}**: es la altitud de la estación climática (m s.n.m.)

La siguiente formula se la puede utilizar en un software libre para realizar el mapa de isotermas una vez aplicada la formula anterior

$$T_{x,y} = T_{Det} + (r(Z_{(x,y)}^{DEM} - Z_{Det}))$$

En el parámetro Z_{det} la altura recomendada a utilizar debe ser de 1000 m s.n.m hasta 2000 m s.n.m, debido a que si se utiliza cero puede dar valores negativos.

5.5. Metodología para el segundo objetivo:

" Determinar la evapotranspiración en la provincia de Loja a través de los métodos empíricos y semi empíricos"

Para la aplicación de los métodos semi-empíricos escogidos para realizar este trabajo se tomó en cuenta la temperatura y la humedad relativa esto dependiendo de lo que requiere la fórmula de dicho método, los mismos que se especificaran a continuación:

5.5.1. Métodos semi-empíricos

Para los métodos semi-empíricos se seleccionaron los siguientes junto a su fórmula correspondiente:

5.5.1.1 Método de Hargreaves.

Este método utiliza la temperatura media para la formula general; para calcular la R_s (radiación solar incidente) se tomó en cuenta la temperatura máxima y mínima y la latitud en que se encuentra la zona de estudio (Anexo 3).

$$ET_o = 0.0135(t_{med} + 17.78)R_s$$

- **ET_o**: evapotranspiración potencial diaria, mm/día.
- **T_{med}**: temperatura media °C.
- **R_s**: radiación solar incidente, convertida en mm/día.

$$R_s = R_o * KT * (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

- **R_s**: Radiación solar incidente.
- **R_o**: Radiación solar extraterrestre.
- **KT**: Coeficiente (KT = 0,162 para regiones del interior y KT = 0,19 para regiones costeras).
- **T_{max}**: Temperatura diaria máxima (°C).
- **T_{min}**: Temperatura diaria mínima (°C).

5.5.1.2 Método de Thornthwaite

Para la aplicación de este método se utilizó la temperatura media, este es uno de los métodos que no requieren de muchos datos para su aplicación, en primera instancia se debe encontrar el índice calórico anual el cual se obtiene con la suma de 12 índices calóricos mensuales remplazando en a y finalmente en la formula principal.

$$ET_o = 16 \left[\frac{10T}{I} \right]^a$$

- **ET_o**: Evapotranspiración.
- **T**: Temperatura media mensual (°C).
- **I**: Índice calórico anual.
- **a**: parámetro dependiente de I.

$$I = \left[\frac{T}{5} \right]^{1.514}$$

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

5.5.1.3 Método de Blaney-Morin

Para la aplicación de este método se utilizó la temperatura media y la humedad relativa, en primera instancia se debe encontrar el % de horas de iluminación (P) el cual se lo obtiene de la tabla del Anexo 4, también se considera la latitud de la zona de estudio obteniendo los valores correspondientes para cada mes, seguido se remplazó los valores en la formula general.

$$ET_p = \frac{k \cdot t \cdot P}{100} \cdot 114 - hr$$

Donde:

- **ET_p**: evapotranspiración potencial (mm).
- **t**: temperatura media mensual (°C).
- **P**: porcentaje mensual de las horas anuales de iluminación (%).
- **hr**: porcentaje mensual de la humedad relativa (%).
- **k**: 1

5.5.1.4 Método de Jensen – Haise

Para la aplicación de este método se necesita la temperatura media mensual, para sacar la Rs dicha variable ya se la encontró al aplicar el Método de Hargreaves (anexo 3).

$$ET_o = R_s(0.0252 \cdot T + 0.078)$$

Donde:

- ✓ **R_s**= radiación solar entrante de onda corta (mm d⁻¹).
- ✓ **ET_o**= Evapotranspiración en mm.
- ✓ **T**= temperatura media mensual (°C).

5.5.2. Método empírico (Penman-Monteith).

Para la aplicación de este método no se pudo realizar de la misma manera que aplicamos para los métodos semi-empíricos por la escasez de datos meteorológicos en los anuarios meteorológicos, por lo cual se precedió obtener los valores de E_t con Penman-Monteith a través de la Pag Web CHELSA, la cual se la utilizo para la extracción de datos de acuerdo a los diferentes pisos altitudinales ya directamente calculada; se descarga la E_{T_0} a nivel mundial a una resolución de 30 arc sec, -1km de mm/mes entre el periodo 1990-2012.

Una vez realizada la extracción de datos de CHELSA mediante el programa estadístico software R se realizó la extracción de la información cargando un DEM de la zona de estudio que en este caso es la provincia de Loja en mm/mes, el cual se pudo extraer la evapotranspiración de la zona de estudio, dicha información fue cargada a un programa de información geográfica obteniendo la distribución de la evapotranspiración de Penman-Monteith y a su vez la elaboración de los mapas.

6. Resultados

Una vez aplicado cada uno de los métodos se dieron los siguientes resultados:

6.1. Resultados para el primero objetivo:

"Estructurar una base de datos que contenga los parámetros necesarios para estimar la evapotranspiración a través de métodos empíricos y semi-empíricos"

Una vez realizada la recopilación de datos, se procedió a realizar una base de datos que contienen temperatura mensual, máxima, mínima y humedad relativa, entre los periodos 1990-2012 (Ver tablas del 1 al 4); los mismos se utilizaron para calcular la evapotranspiración, dichos datos ayudaron para el cálculo de los métodos semi empíricos, los mismos que serán mostrados a continuación:

Tabla 1. Temperatura media mensual (°C) de cada estación periodo 1990-2012.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ZAPOTILLO	27,63	27,11	26,39	26,10	25,23	24,66	24,13	24,34	25,25	25,53	26,03	26,57
CELICA	16,04	15,86	16,29	15,87	16,25	16,04	15,70	16,53	16,39	16,94	16,51	16,34
ZARUMA	21,99	21,97	22,39	22,16	22,14	21,70	21,85	22,77	22,23	23,55	23,17	22,99
NAMBACOLA-												
COLEGIO	19,40	19,03	19,50	19,47	19,87	20,07	20,20	20,47	20,50	20,32	19,87	19,68
AGRO.CUEVA												
GONZANAMA	17,69	16,75	16,49	16,46	16,87	16,29	16,42	16,87	17,60	18,12	17,47	17,70
CARIAMANGA	17,49	17,81	18,03	18,16	18,19	18,13	17,91	18,18	18,27	18,20	18,08	24,57
VILCABAMBA	20,52	20,64	20,78	21,28	21,47	20,27	19,89	21,57	21,42	22,95	21,85	21,47
QUINARA	18,84	18,32	18,03	18,15	18,54	17,75	17,86	18,67	20,13	19,95	19,35	18,57
YANGANA	19,25	18,86	19,46	19,42	19,17	18,80	18,37	18,95	19,41	19,45	19,48	19,20
MALACATOS	21,76	21,65	21,54	21,26	21,87	21,67	21,91	21,69	21,94	22,17	22,68	22,29
AMALUZA	20,67	20,93	20,85	20,92	21,09	21,48	21,35	21,67	21,29	21,08	21,04	20,75
LA ARGELIA	16,21	16,24	16,43	16,55	16,32	15,68	15,23	15,51	16,21	16,63	16,60	16,50
SARAGURO	14,62	15,09	14,45	14,63	15,24	13,99	13,38	14,12	13,56	14,93	14,39	14,91
YANZATZA	24,05	23,96	23,96	23,94	23,50	22,56	21,85	22,28	22,91	23,88	24,40	24,41

Fuente: anuarios meteorológicos- INANMI.

Tabla 2. Temperatura min (°C) de cada estación periodo 1990-2012.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ZAPOTILLO	26,20	23,15	20,00	19,50	16,50	22,20	23,10	23,40	24,30	24,70	25,20	22,10
CELICA	12,35	11,55	11,25	10,20	11,30	11,00	11,00	12,15	9,35	11,40	10,25	10,20
ZARUMA	17,20	18,40	18,70	18,50	18,75	18,40	17,05	18,45	18,80	18,00	19,65	19,15

NAMBACOLA-												
COLEGIO	18,40	18,10	18,60	19,00	19,40	19,60	19,70	20,00	20,30	19,90	19,30	19,10
AGRO.CUEVA												
GONZANAMA	16,87	14,10	13,45	13,95	14,55	13,15	11,80	14,00	14,85	17,37	13,70	17,07
CARIAMANGA	15,90	16,30	16,90	16,50	17,30	17,30	16,60	16,90	17,20	17,20	17,20	16,80
VILCABAMBA	15,35	15,55	15,90	15,70	20,43	15,15	14,05	14,95	20,30	21,33	20,23	18,63
QUINARA	16,87	14,10	13,45	13,95	14,55	13,15	11,80	14,00	14,85	17,37	13,70	14,85
YANGANA	18,00	15,30	15,20	14,65	18,10	14,00	14,40	17,40	14,05	18,00	13,45	16,05
MALACATOS	19,40	18,50	18,50	18,30	19,30	18,90	19,30	17,40	19,70	18,50	19,90	19,10
AMALUZA	18,00	18,20	18,10	18,70	19,30	19,80	19,40	19,50	19,60	19,10	19,40	18,40
LA ARGELIA	15,40	15,50	15,80	15,80	15,70	14,60	14,20	14,60	15,30	16,00	15,80	15,70
SARAGURO	8,20	8,70	8,75	9,40	10,45	10,10	8,55	9,00	8,60	5,20	10,05	10,95
YANZATZA	23,17	21,97	22,30	22,50	22,50	21,00	20,81	20,85	21,56	22,59	23,30	23,77

Fuente: anuarios meteorológicos- INANMI.

Tabla 3. Temperatura max (°C) de cada estación periodo 1990-2012.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ZAPOTILLO	28,9	28,9	28,3	27,8	27,8	26,1	27,0	27,2	28,0	27,1	27,4	27,6
CELICA	19,3	20,0	19,6	20,0	20,2	19,9	19,9	20,3	20,4	23,6	23,0	20,3
ZARUMA	26,8	26,4	26,4	25,6	25,9	23,0	26,3	27,4	24,4	29,2	27,8	27,9
NAMBACOLA-												
COLEGIO	20,1	20,0	20,5	20,3	20,2	20,4	20,8	20,9	20,8	20,8	20,5	20,3
AGRO.CUEVA												
GONZANAMA	19,1	18,0	18,5	18,2	19,0	19,0	17,9	18,4	18,7	18,9	18,4	18,6
CARIAMANGA	19,0	20,7	19,1	20,9	21,0	21,6	21,2	21,1	21,4	20,7	21,8	21,6
VILCABAMBA	22,6	22,5	22,2	25,9	25,7	21,9	21,4	27,5	22,3	27,5	25,7	25,2
QUINARA	21,7	26,5	21,2	21,4	21,8	21,7	21,5	22,5	28,0	26,8	25,7	21,6
YANGANA	21,2	20,5	26,4	24,2	20,2	20,8	20,4	20,2	23,2	20,7	21,5	21,0
MALACATOS	24,8	24,3	24,6	24,0	33,0	33,0	24,9	24,6	24,5	25,9	25,7	31,0
AMALUZA	28,4	27,7	27,2	26,5	25,7	24,2	24,3	24,7	24,5	25,6	25,8	26,6
LA ARGELIA	17,2	17,6	17,5	17,7	17,2	16,3	16,3	16,5	17,1	17,6	17,3	17,3
SARAGURO	21,7	20,7	20,6	20,4	19,9	20,9	20,0	20,1	20,8	22,5	19,5	20,1
YANZATZA	25,1	25,9	25,9	26,3	24,7	23,6	23,3	23,1	25,0	25,4	25,1	25,3

Fuente: anuarios meteorológicos- INANMI.

Tabla 4. Humedad relativa (%) de cada estación periodo 1990-2012.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ZAPOTILLO	77,52	77,79	80,01	80,02	78,86	77,25	75,53	72,79	71,74	72,12	73,23	72,57
CELICA	92,61	93,83	93,13	92,67	90,52	88,26	86,04	84,87	85,85	85,83	85,92	90,00
ZARUMA	92,18	92,64	92,68	93,14	92,41	90,77	88,00	85,14	84,57	84,68	85,41	89,34

NAMBACOLA-												
COLEGIO	76,22	78,44	79,00	78,00	74,67	72,00	68,33	66,56	67,06	70,56	72,61	72,94
AGRO.CUEVA												
CARIAMANGA	87,33	88,88	88,38	88,42	87,25	85,13	83,42	82,88	84,13	84,79	85,38	86,13
VILCABAMBA	79,82	82,00	84,45	84,50	80,23	76,66	72,50	73,09	73,88	74,78	78,94	78,94
YANGANA	90,33	91,02	90,98	90,56	90,00	90,50	90,33	89,79	89,94	90,17	89,50	90,92
MALACATOS	86,58	87,23	87,25	87,19	87,42	88,13	87,48	87,69	86,31	86,10	86,04	86,56
AMALUZA	79,63	80,83	79,07	79,72	77,11	76,00	74,72	72,78	74,11	75,76	77,33	78,72
LA ARGELIA	76,51	77,67	76,96	76,58	75,67	75,04	73,42	70,46	71,54	72,83	74,25	75,70
SARAGURO	83,00	84,33	83,55	82,76	82,14	80,48	79,00	77,76	77,38	79,48	80,05	82,79
YANZATZA	89,52	88,89	89,58	88,51	89,34	88,33	86,54	84,56	86,37	86,55	86,44	86,40

Fuente: anuarios meteorológicos- INANMI.

6.1.1. Mapa de isotermas de la provincia de Loja.

De acuerdo a la metodología antes mencionada se utilizaron temperaturas promedio anuales de cada estación para realizar un mapa de isotermas, ejecutando una interpolación entre las mismas dando como resultado lo siguiente:

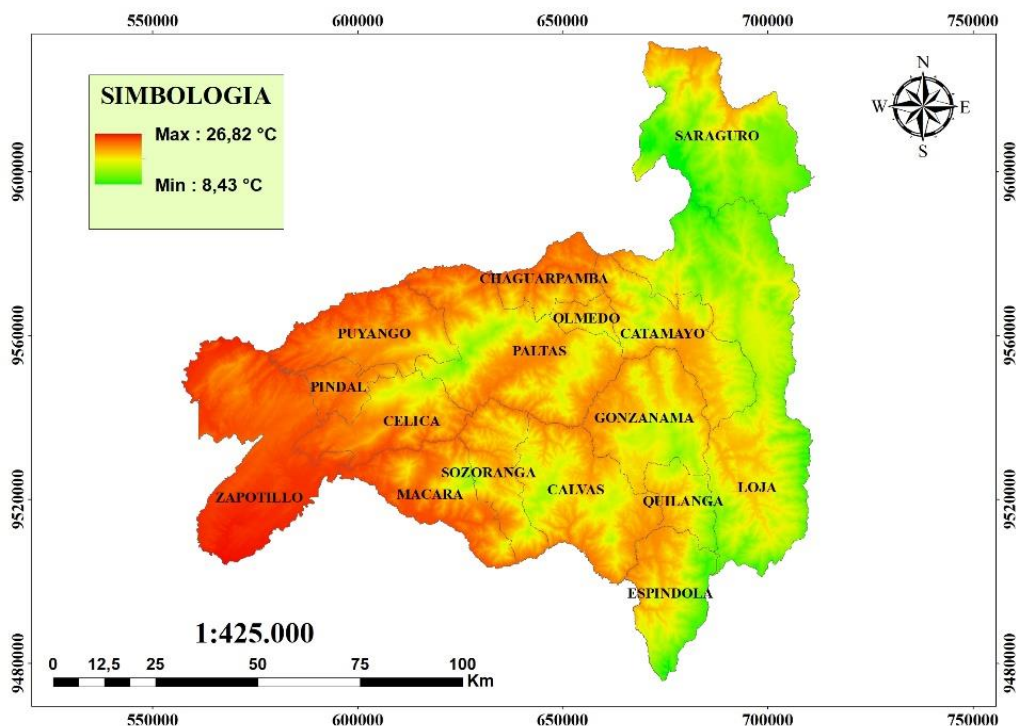


Figura 3. Mapa de isotermas y su distribución en la provincia de Loja.

Se logro constatar que la temperatura promedio máxima llegaría 26,82 °C para los cantones Zapotillo, Pindal, Puyango, Macará, Catamayo, Chaguarpamba y una temperatura promedio mínima de 8,38 °C para los cantones de Saraguro, Loja y parte del cantón Celica, Paltas Quilanga y Espíndola en la provincia de Loja.

6.2. Resultados para el segundo objetivo:

“Determinar la evapotranspiración en la provincia de Loja a través de los métodos empíricos y semi empíricos.”

6.3. Métodos semi- empíricos y empíricos

Se aplicaron los métodos para estimar la ET_o , los semi-empíricos los cuales se utilizó los datos encontrados en los anuarios meteorológicos proporcionados por el INANMI y el método empírico (Penman-Monteith), el mismo se obtuvo mediante la descarga de archivos tipo TIF de la página web (CHELSA - CLIMATE) ya calculada de manera automática, en la figura 4 se muestra los valores finales al aplicar cada una de las fórmulas y la extracción de ET_o para Penman-Monteith.

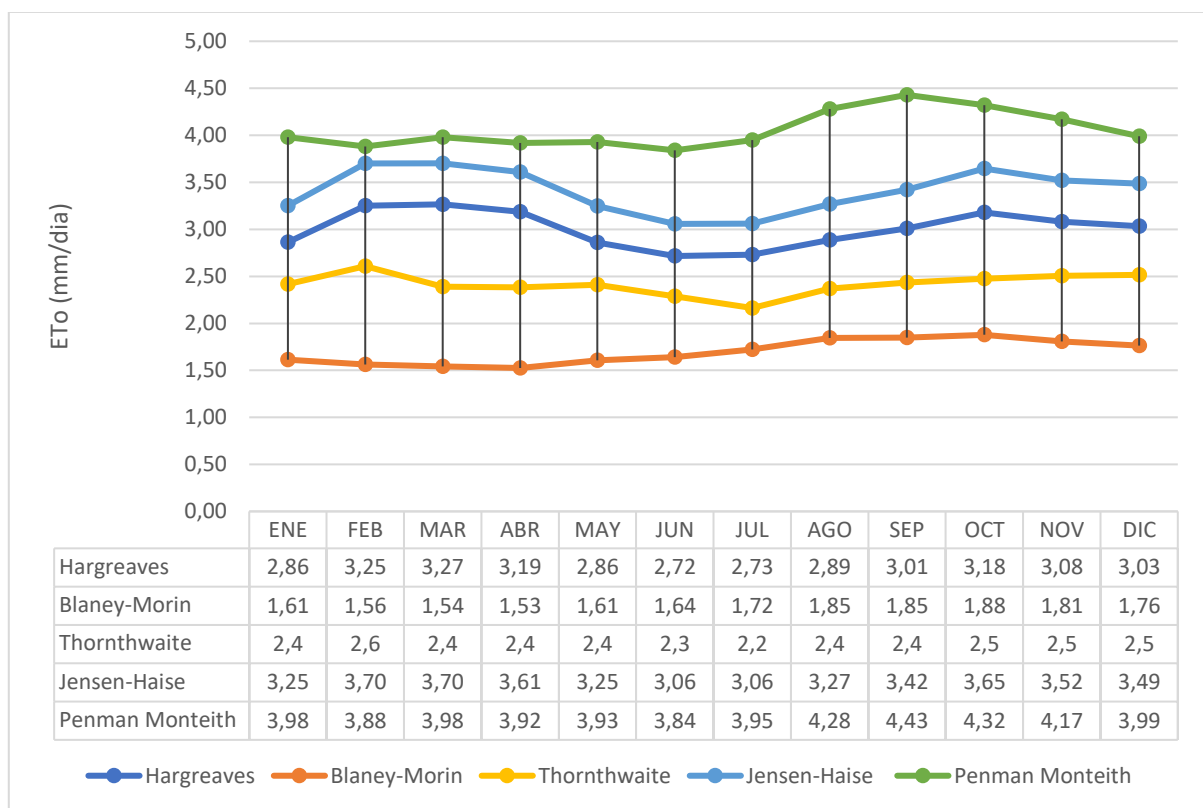


Figura 4. Resultados de ET_o media de los métodos semi- empíricos calculados mediante las fórmulas y empíricos por la extracción de datos del CHELSA-CLIMATE).

Se puede decir que el método de Penman-Monteith se mantiene con valores iguales o superiores a 4, muy cerca está el método de Jensen-Haisen con valores entre 3,06-3,70 y el método que arroja valores menores es Blaney Morin con valores entre 1.5 y 2 mm/día, a continuación, se muestra en la figura 5 con el porcentaje de aproximación de cada método con

Penman-Monteith, incluido una tabla mostrando la diferencia entre los valores de cada método semi-empíricos con Penman-Monteith (tabla 5).

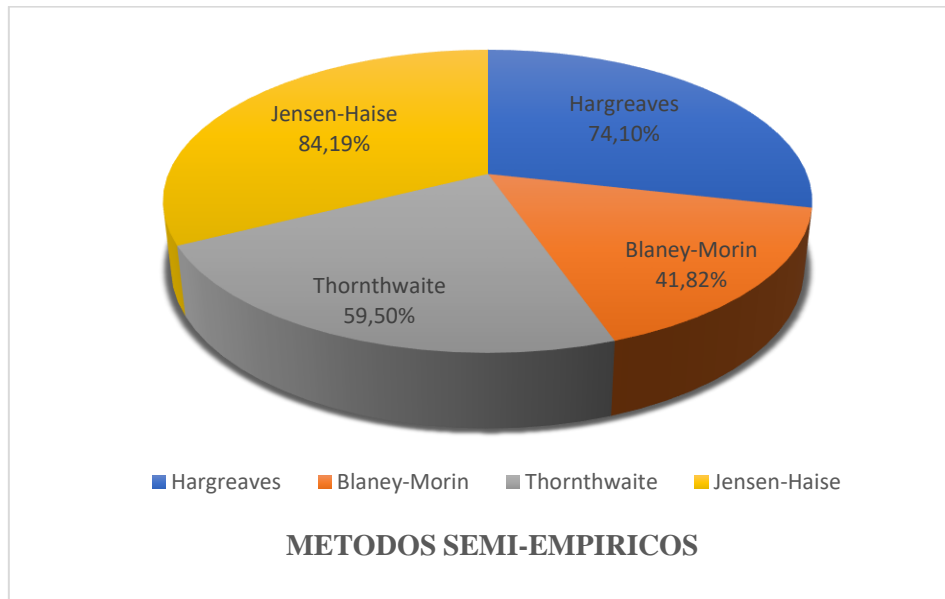


Figura 5. Porcentaje de aproximación de todos los métodos semi-empíricos con el método empírico Penman-Monteith.

Tabla 5. Diferencia de valores de los métodos semi-empíricos con Penman-Monteith.

MESES	Jensen-Haise	Hargreaves	Thornthwaite	Blaney-Morin
Ene	0,73	1,12	1,56	2,37
Feb	0,28	0,73	1,37	2,42
Mar	0,28	0,71	1,59	2,44
Abr	0,37	0,79	1,60	2,45
May	0,73	1,12	1,57	2,37
Jun	0,92	1,26	1,69	2,34
Jul	0,92	1,25	1,82	2,26
Ago	0,71	1,09	1,61	2,13
Sep	0,56	0,97	1,55	2,13
Oct	0,33	0,80	1,51	2,10
Nov	0,46	0,90	1,48	2,17
Dic	0,49	0,95	1,46	2,22

6.4. Mapas anuales de evapotranspiración por los métodos semi-empíricos.

Se aplicó las fórmulas de los métodos semi-empíricos para calcular la evapotranspiración, pero necesitamos saber que lugares de la zona de estudio tiene una máxima y una mínima evapotranspiración, por lo cual se procedió a realizar mapas anuales para observar la distribución de la ET_0 los cuales se mostrara a continuación:

6.4.1. Mapa de ET_0 anual con el método de Hargreaves.

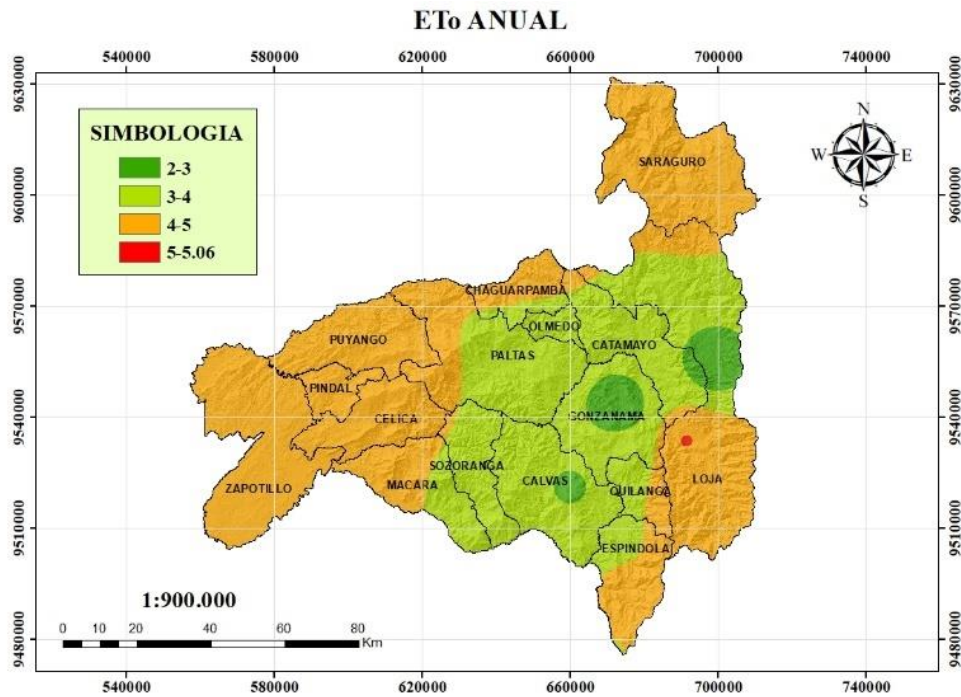


Figura 6. Distribución de la ET_0 (mm/día) por el método de Hargreaves para toda la provincia de Loja.

En la figura 6 se puede observar que el rango de 4-5 mm/día de evapotranspiración es el que más predomina en la provincia de Loja con un 54.9 %; así mismo en la tabla 6 se puede observar la distribución por rangos el área que cubre (%) y a los cantones que sobresalta dichos valores.

Tabla 6. Áreas que cubre la ET_0 por el método de Hargreaves en los cantones en la provincia de Loja.

Rangos (mm/día)	Área que cubre (%)	Cantones
2-3	10,1	Loja, Gonzanamá, Calvas.
3-4	32,6	Loja, Gonzanamá, Calvas, Espíndola, Quilanga, Catamayo, Olmedo, Macará, Sozoranga, Paltas.
4-5	54,9	Zapotillo, Puyango, Pindal, Celica, Macará, Chaguarpamba, Espíndola, Saraguro, Loja.
5-5,06	2,4	Loja.

6.4.2. Mapa de ETo anual con el método de Thornwaite.

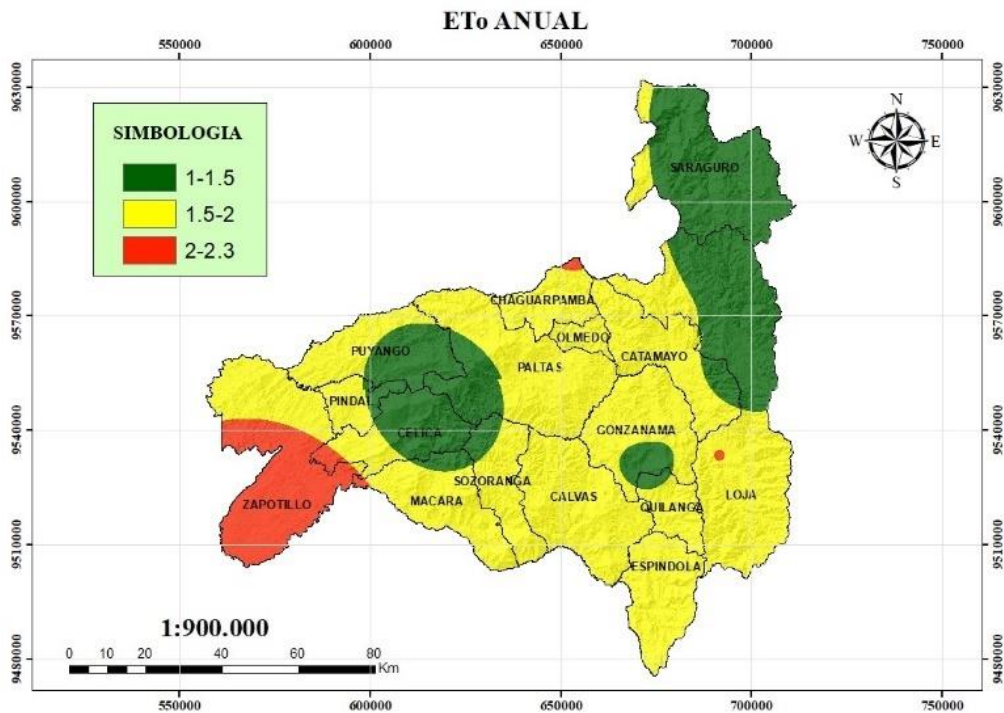


Figura 7. Distribución de la ET_o (mm/día) por el método de Thornwaite para toda la provincia de Loja.

En la figura 7 se puede observar que el rango de 1,5-2 mm/día de evapotranspiración es el que más predomina en la provincia de Loja con un 56,5%, así mismo en la tabla 7 se puede observar la distribución por rangos y a que cantones cubre, por lo cual este método no es recomendado para para este estudio, ya que nos arroja valores demasiados bajos, al saber que la ET_o en ciertos cantones como sobrepasa de 3 a 4 mm/día.

Tabla 7. Áreas que cubre la ET_o por el método de Thornwaite en los cantones en la provincia de Loja.

Rangos (mm/día)	Área que cubre (%)	Cantones
1-1,5	25,9	Loja, Saraguro, Paltas, Puyango, Celica, Calvas, Quilanga, Gonzanamá. Zapotillo, Puyango, Celica, Pindal, Macará, Paltas, Sozoranga, Calvas, Chaguarpamba,
1,5-2	56,5	Olmedo, Loja, Catamayo, Espíndola, Quilanga. Gonzanamá, Calvas, Saraguro.
2-2,5	17,6	Zapotillo, Loja, Chaguarpamba.

6.4.3. Mapa de ETo anual con el método de Blaney-Morin.

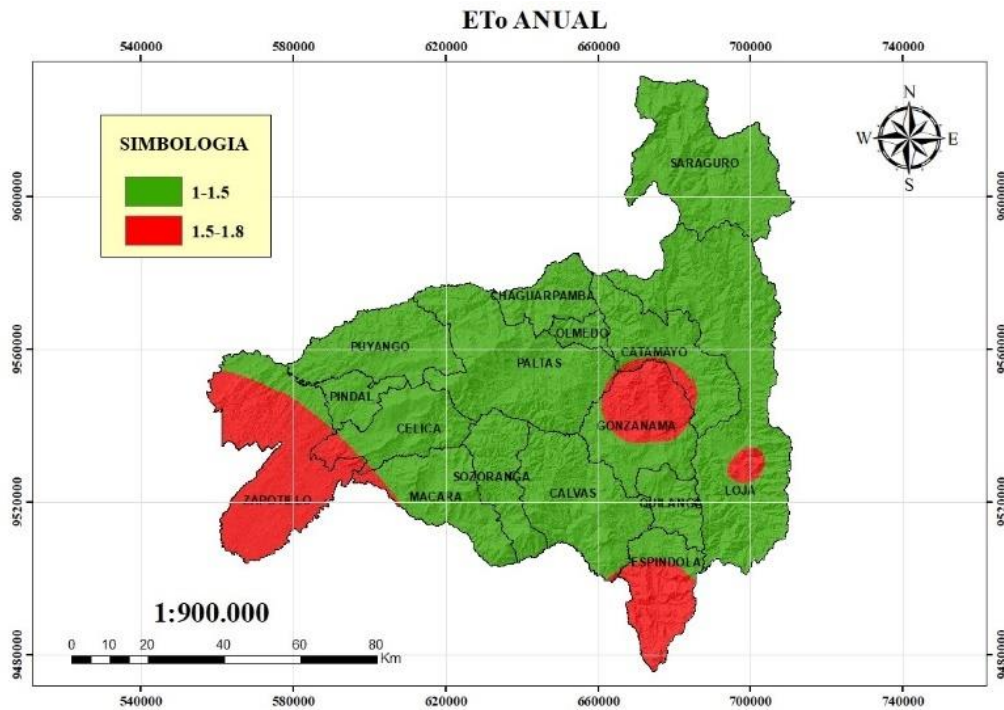


Figura 8. Distribución de la ET_o (mm/día) por el método de Blaney-Morin para toda la provincia de Loja.

En la figura 8 se puede observar que el rango de 1-1,5 mm/día de evapotranspiración es el que más predomina en la provincia de Loja con un 67,7%, así mismo en la tabla 8 se puede observar la distribución por rangos y a que cantones cubre, otro de los métodos que no se lo recomienda ya que a diferencia del método anterior arroja valores aún más bajos, por lo que queda descartado para este estudio.

Tabla 8. Áreas que cubre la ET_o por el método de Blaney-Morin en los cantones en la provincia de Loja.

Rangos (mm/día)	Área que cubre (%)	Cantones
1-1,5	67,7	Zapotillo, Puyango, Celica, Pindal, Macará, Paltas, Sozoranga, Calvas, Chaguarpamba, Olmedo, Loja, Catamayo, Espíndola, Quilanga, Gonzanamá, Calvas, Saraguro.
1,5-1,8	32,3	Zapotillo, Espíndola, Loja, Gonzanamá.

6.4.4. Mapa de ETo anual con el método de Jensen-Haise.

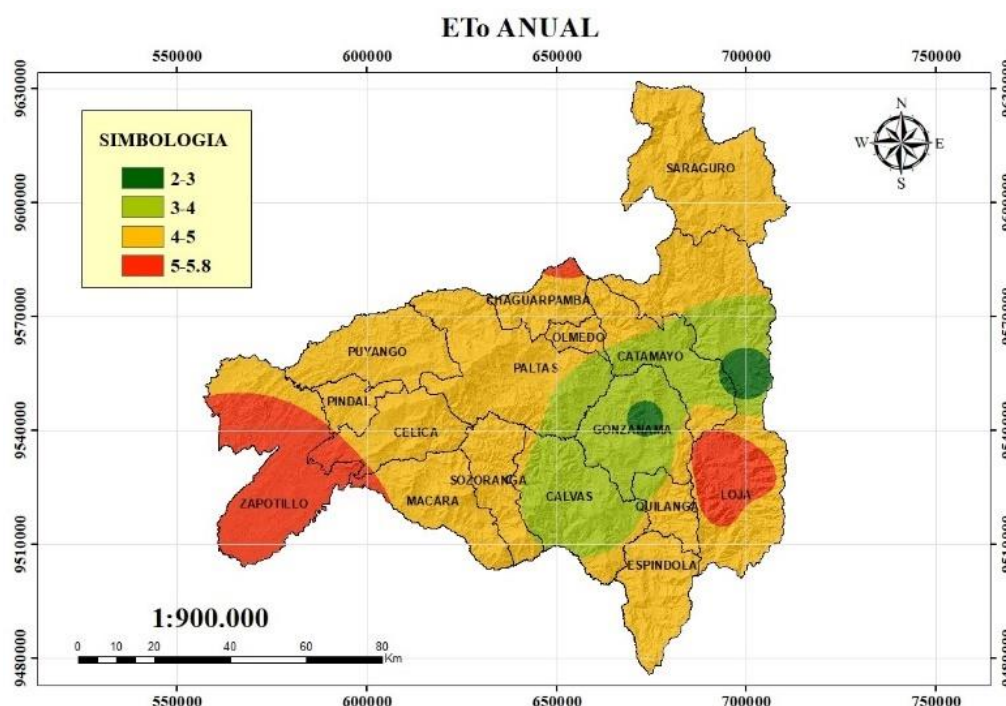


Figura 9. Distribución de la ET_o (mm/día) por el método de Blaney-Morin para toda la provincia de Loja.

En la figura 9 se puede observar que el rango de 4-5 mm/día de evapotranspiración es el que más predomina en la provincia de Loja con un 52,8%, así mismo en la tabla 9 se puede observar la distribución por rangos y a que cantones cubre, este método es el más recomendado ya que no solo llega a tener un parentesco en valores, sino también en la distribución de la ET_o por la zona de estudio.

Tabla 9. Áreas que cubre la ET_o por el método de Jensen-Haise en los cantones en la provincia de Loja.

Rangos (mm/día)	Área que cubre (%)	Cantones
2-3	9,1	Loja, Gonzanamá.
3-4	16,7	Loja, Gonzanamá, Catamayo, Calvas. Puyango, Pindal, Celica, Macará.
4-5	52,8	Paltas, Sozoranga, Chaguarpamba, Olmedo, Saraguro, Loja, Espíndola, Quilanga.
5-5,8	21,4	Zapotillo, Chaguarpamba, Loja.

6.5. Mapa anual de evapotranspiración del método empírico.

Como se mencionó anteriormente el cálculo de estos datos se los obtuvo de manera diferente descargando la ET_0 ya calculada para toda la provincia de Loja, por lo tanto, existe una gran diferencia visual, es decir la ET_0 tiene una mejor distribución en el mapa el mismo que se muestra en la figura 10 a continuación:

6.5.1. Mapa de ET_0 anual con el método de Penman-Monteith.

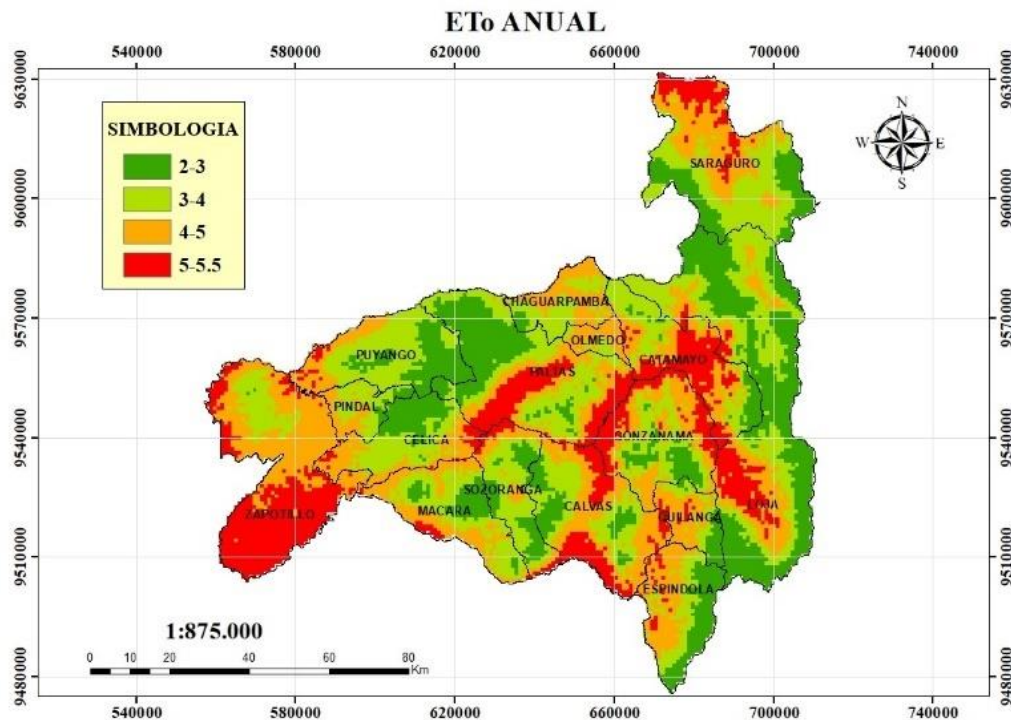


Figura 10. Distribución de la ET_0 (mm/día) por el método de Penman-Monteith para toda la provincia de Loja.

En la figura 10 aplicando el método de Penman-Monteith para determinar la ET_0 Anual se puede observar la distribución por rangos en la provincia de Loja los cuales se detallaran en la tabla 10.

Tabla 10. Áreas que cubre la ET_0 por el método de Penman-Monteith en los cantones en la provincia de Loja.

Rangos (mm/día)	Área que cubre (%)	Cantones
2-3	22,7	Puyango, Celica, Macará, Paltas, Espíndola, Loja, Saraguro, Olmedo, Quilanga, Gonzanamá, Sozoranga.
3-4	32,6	Zapotillo, Puyango, Pindal, Celica, Macará, Paltas, Chaguarpamba, Olmedo, Quilanga,

		Espíndola, Gonzanama, Loja, Saraguro, Calvas, Catamayo.
4-5	28,5	Zapotillo, Saraguro, Pindal, Celica, Macará, Paltas, Chaguarpamba, Espindola, Loja, Catamayo, Gonzanama, Calvas.
5-5,5	16,2	Zapotillo, Puyango, Calvas, Loja, Quilanga, Espíndola, Catamayo, Saraguro, Gonzanama.

Elaborando los mapas por cada método aplicado podemos observar la distribución de la ET_o en cada uno de los cantones de la provincia de Loja, comparando el método semi-empírico (Jensen-Haise) con método empírico (Penman-Monteith) los mismo que tiene una similitud con un 84,19% en resultados solo aplicando la formula, pero al realizar los mapas para observar la distribución de la ET_o entre los dos métodos mencionados no es igual en la provincia de Loja solo en ciertas zonas comparte similitud de valores.

7. Discusión

En los resultados de la investigación realizada se pudo observar los valores de evapotranspiración obtenidos mediante la aplicación de los métodos empíricos y semi-empíricos para toda la provincia de Loja, se observa una similitud entre los métodos semi-empírico de Jensen-Haisen con un 84,19% y también se puede considerar a Hargreaves con un 74,10% frente al método empírico Penman-Monteith, pero al realizar los mapas anuales con cada uno de los métodos mencionados anteriormente, se pudo observar su distribución sobre la provincia de Loja y se notó que no era muy similar a las superficies del terreno, es más se puede visualizar que el método empírico tiene una mayor precisión porque respeta los lineamiento y estribaciones de las cordilleras, mientras que los métodos semi-empíricos engloba una mayor superficie, por lo tanto existe similitud en algunos cantones de la zona de estudio.

En las investigaciones de Cardenas (2021) y Orlando (2019) realizaron el calculo de la ET_0 en la provincia de Loja, por el método Hargreaves el cual los valores de ET_0 están entre los rangos 1.5-6 mm/día, los mismo que se comparado con el trabajo realizado se mantiene en los rangos de 2-5 mm/día, pero analizando su distribución en la provincia de Loja la investigación de Cardenas (2021) se asemeja mas a los resultados que se obtuvieron en este estudio, con valores de 2.5-6 mm/día en los cantones como: Zapotillo, Puyango, Pindal, Celica, Macará, Chaguarpamba, Espíndola y Loja.

La prefectura de Loja en su PDOT (2020), menciona que los valores de ET_0 para la provincia de Loja están entre los rangos de 1,78-4,38 mm/día, los valores más altos que se registran son aquellos ubicados en el cantón Zapotillo, la parte baja de Chaguarpamba y en la ciudad de Catamayo, pero no nos muestra que método se utilizó para calcular dichos valores; por lo cual comparando su distribución a través de los mapas elaborados tiene una mayor similitud con el método empírico de Penman-Monteith.

Haciendo una comparación entre los resultados obtenidos con Penman-Monteith (1990-2012) con el estudio elaborado por el PDOT (2020), con valores que están entre 1.78-4.39 mm/día; ya que los cantones que tiene la máxima ET_0 son: Zapotillo, Pindal, Macará, Chaguarpamba y Catamayo, en comparación con de ET_0 que se calculó en este estudio, los cuales están en los cantones de Zapotillo, Paltas, Catamayo, Calvas, Olmedo, Chaguarpamba, norte de Saraguro y al sur de Loja se calculó valores máximos de 5,5 mm/día, teniendo una diferencia entre las dos ET_0 máxima de 1.11 mm/día.

El PDOT (2018) del canton catamayo nos muestra la ET_0 que va de 2-4,38 mm/día para los años 2014-2019, comparandolo con Penman-Monteith (1990-2012) ya que tiene una mayor

similitud, nos indica una disminución en su ET_o de 1,12 mm/día, pero aun así es demasiado elevado sobre todo en la cabecera cantonal ya que es árida y de escasa precipitación la mayor parte del año, debido a las altas temperaturas, la ET_o es mayor que la precipitación, con excepción de los primeros meses del año, por tal razón se puede afirmar que en este sector existe deficiencia de agua durante todo el año a excepción de los meses de invierno.

En el cantón Zapotillo, la investigación que realizó Sánchez (2023) para el tema denominado "estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos del sistema de riego Zapotillo, provincia de Loja" realizó el cálculo de evapotranspiración de Penman-Monteith con descargando información de la pág. CHELSA para el periodo 1995-2019, mostrándonos una ET_o que oscila entre los rangos de 4,7-5,2 mm/día, teniendo una gran similitud con el método semi-empírico Blaney-Morin que muestra valores de 5-5,8 mm/día, y al método empírico Penman-Monteith dándonos valores de 5-5,5 mm/día, dando a entender que los valores de ET_o hasta el 2019 disminuyeron, pero aun así no deja de ser una evapotranspiración alta para el cantón Zapotillo.

8. Conclusiones

- Al realizar la base de datos se pudo determinar que en la provincia de Loja existe un total de 72 estaciones meteorológicas, de las cuales 12 estaciones son las únicas que cuentan con datos necesarios de temperatura media, así como máxima y mínima y también de humedad relativa, las cuales sirvieron para extraer los datos mensuales de cada parámetro para crear una base de datos, y finalmente calcular los métodos semi-empíricos.
- Para el método empírico Penman-Monteith no se pudo crear una base de datos porque requiere de más parámetros y la falta de información en los anuarios meteorológicos publicados por el INANMI.
- Se comparó los métodos semi-empíricos con el método empírico Penman-Monteith y pudo comprobar que el método con el cual tiene una mayor similitud es con Jensen-Haise, con un 84.19%, también se podría considerar el método de Hargreaves que obtuvo un 74.10%, al momento de aplicar las respectivas formulas, pero en estos tres métodos se debe considerar la distribución de la ET_0 en la zona de estudio ya que en algunos cantones de la provincia de Loja no es la misma.
- Mediante la comparación que se realizó con otros trabajos como los del PDOT y otros autores se puede concluir que tanto Jensen-Haise y Hargreaves son los métodos que más se aproximan para determinar la ET_0 en la provincia de Loja, los otros métodos semi-empíricos que son Thornthwaite y Blaney-Morin se los pudiera descartar, debido a que los datos mostrados no se acercan a la realidad de las condiciones locales. A lo mejor con otros parámetros más precisos a manera local se pudiera realizar comparativas.
- Con el método empírico Penman-Monteith se pudo constatar unos valores elevados en la parte central y oeste de la Provincia de Loja, con valores máximos entre 5 y 5.5 mm/día, en cantones que más destacan son Zapotillo, Alamor y Catamayo.

9. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el método de Jensen-Haise ya que es el más preciso y su distribución es más similar al método Penman-Monteith, también se puede considerar el método de Hargreaves como segunda opción, ya que sus resultados se los considera validos al haberlos comparación con otros autores.
- Realizar estudios de la ET_0 , es decir comparando Penman-Monteith con Jensen-Haise y Hargreaves en el caso de que se realice un estudio en una zona específica de la provincia, para escoger entre cualquiera de los dos métodos antes mencionados para facilitar el cálculo de la evapotranspiración.
- Realizar una actualización de la situación de la ET_0 pues la misma tiende a generar un cambio ya sea máximo o mínimo a través de los años.
- Realizar más estudios con el uso de las nuevas tecnologías, es decir obtener datos de la página CHELSA o de otra página para obtener la ET_0 de manera más actualizada, para que de esta manera no solo sirva como ayuda para avanzar en los trabajos venideros sino también como un aprendizaje desarrollando una formación profesional

10. Bibliografía

- Almorox, J. (02 de Octubre de 2008). *Metodos de estimacion de las evapotraspiraciones ETP y ETr*. Evapotranspiración segun Thornthwaite:
http://ocw.upm.es/pluginfile.php/675/mod_label/intro/metodosevapotraspiraciones.pdf
- Benavides, J. (1986). Evaluación de varios métodos para calcular la evapotranspiración en algunas regiones de colombia. *UDENAR*, 115.
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1330/1625>
- Cardenas Torres, M. (26 de Abril de 2021). *Universidad tecnica de Machala*. Evaluación de la evapotranspiración de productos satelitales en la zona sur del Ecuador 1990-2013:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16546/1/TTUACA-2021-IA-DE00012.pdf>
- Degano, M., Rivas, R., y Carmona, F. (2021). *RODERIC*. Desarrollo de un modelo de evapotranspiración global con datos de satélite y de re-análisis:
<https://roderic.uv.es/handle/10550/78494>
- FAO. (14 de Marzo de 2014). Evapotranspiración del cultivo- Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- FAO. (Septiembre de 2016). FAO Penman-Monteith equation:
<https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e06.htm>
- Fries , A., Rollenbeck, R., Nauß, T., Peters , T., y Bendix, J. (15 de Enero de 2012). *ScienceDirect*. Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192311002619>

- Guevara, J. (2006). *Universidad Central de Venezuela*. La fórmula de Penman-Monteith FAO 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia-ET_o:
<https://www.redalyc.org/pdf/721/72103103.pdf>
- Karger, D., Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R., y Zimmermann, N. (2021). *CHELSA*. Climatologies at high resolution for the earth's: <https://chelsa-climate.org/timeseries/>
- Monge, M. (10 de Julio de 2019). *iagua*. Evapotranspiración y Kc:
<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/evapotranspiracion-y-kc-parte-i>
- Orlando, Á. (16 de Mayo de 2019). *ResearchGate*. Utilización de una clasificación climática para modelar la distribución de las plantas:
https://www.researchgate.net/publication/333158433_Utilizacion_de_una_clasificacion_climatica_para_modelar_la_distribucion_de_las_plantas
- Ortiz, R., y Chile, M. (28 de Febrero de 2020). *Universidad central del Ecuador*. Calculation methods of the reference evapotranspiration for the Tumbaco Valley:
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/246/2461061007/html/index.html>
- PDOT. (2018). *Catamayo gobierno autonomo*. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Catamayo 2014-2019: https://catamayo.gob.ec/wp-content/uploads/rendicioncuentas/2020/pdyot_2018.pdf
- PDOT. (2020). *Prefectura de Loja*. Plan de ordenamiento territorial:
<https://prefectura Loja.gob.ec/documentos/lotaip/2020/PDOT-2020.pdf>
- Quezada, V. (15 de Noviembre de 2015). *slideshare*. EVAPORACION:
<https://es.slideshare.net/Veruusska/evaporacion-55392660>

Ramírez, R., Peña, A., Castillo, A., y Trujillo, M. (Diciembre de 2015). *SCIELO*. Modelos para estimar la evapotranspiración de referencia en la zona norte bananera del Urabá Antioqueño (Colombia):
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000800001#:~:text=El%20coeficiente%20kt%20de%20la,que%20se%20utilizó%20este%20último.

Rocafull, M. (Agosto de 2018). *Maxima Formacion*. Que es R software:
<https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-r-software/>

Sánchez Alejandro, D. (03 de Enero de 2023). *Universidad Nacional de Loja*. Estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos del sistema de riego Zapotillo, provincia de Loja:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26014/1/Diego%20Alcivar%20Sánchez%20Alejandro.pdf>

Sanchez, J. (13 de Abril de 2019). *Departamento de geologia-universidad de Salamanca*. Concepto de evapotranspiración-utilidad-unidades:
<https://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf>

SENAMHI. (Noviembre de 2015). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú:
<http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/SENAMHI/Generacion%20de%20un%20Base%20de%20Datos%20de%20Evotranspiracion%20Grillados%20y%20de%20alta%20resolucion%20a%20Nivel%20Nacional%201981-2014.pdf>

Soto, J. (12 de Octubre de 2016). *Universidad Continental*. Evapotranspiración:
<https://www.slideshare.net/RibBrian/9-evapotranspiracion>

Walter, I. A., Allen, R. G., Elliot, R., Itenfisu, D., Brown, P., Jensen, M. E., . . . Cuenca, R. H.

(2005). *ASCE and EWRI*. The ASCE standardized reference evapotranspiration

equation: <https://epic.awi.de/id/eprint/42362/1/ascestdetmain2005.pdf>

11. Anexos

Anexo 1. tablas de las estaciones meteorológicas (temperatura).

Temperatura-Zapotillo.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	28.9	27.7	28.2	27.1	26.7	25.5	23.9	23.8	24.6	24.8	25.9	26.9	314.0	26.2
1991	28.65	27.8	27.7	27.8	27.8	25.6	24.1	23.6	24.8	25.3	25.8	27.3	316.3	26.4
1992	28.4	27.7	27.2	26.5	25.7	23.9	24.3	24.3	24.5	25.6	25.8	26.6	310.5	25.9
1993	27.5	27	26.8	26.3	24.3	24.2	23.9	24.05	24.9	25.55	25.85	26.9	307.3	25.6
1994	27.85	27.2	27.45	26.95	25.7	24.7	23.4	23.8	25.3	25.5	25.9	27.2	311.0	25.9
1995	28.2	27.9	28.1	27.6	27.1	25.9	24.2	24.4	25	25.5	26.1	26	316.0	26.3
1996	27.4	28.5	27.5	27.6	26.5	24.2	23.1	23.7	24.8	24.8	25.4	26.7	310.2	25.9
1997	27.4	28.2	28	27.3	26.9	26.1	27	27.2	28	27.1	27.4	27.6	328.2	27.4
1998	27.8	28	27.5	26.7	25.5	24.7	25.2	24.3	26.25	25.3	26.7	26.6	314.6	26.2
1999	27.5	26.5	26.6	26.2	25.95	24.5	23.6	23.9	24.5	25.6	26	26.65	307.5	25.6
2000	27.3	28.9	26.4	22.85	26.4	24.3	24.1	23.5	25.2	25.9	26	26.7	307.6	25.6
2001	27.1	26.03	23.2	19.5	16.5	24.1	23.9	24.6	25.0	25.85	25.95	22.1	283.8	23.7
2002	27.4	23.2	20.0	23.55	21.15	24.2	23.8	25.1	25.8	25.8	25.9	27.1	293.0	24.4
2003	27.7	27.0	21.9	27.6	25.8	24.3	23.7	24.25	25.3	25.8	25.85	26.85	306.0	25.5
2004	28.6	27.4	26.7	27.8	26.4	25.7	23.8	23.4	24.8	25.8	25.8	26.6	312.8	26.1
2005	27.75	26.7	26.5	26.6	25.35	25	24	24.25	25.35	25.95	26.4	27.1	311.0	25.9
2006	26.9	26.2	26.3	25.4	24.3	24.3	24.2	25.1	25.9	26.1	27	27.6	309.3	25.8
2007	28.1	28.8	28.3	25.7	26.7	24.9	25	24.3	25	24.7	26.1	26.4	314.0	26.2
2008	26.2	26	25.9	26	24.1	22.2	23.3	24.2	25.5	25.3	25.7	26.8	301.2	25.1
2009	26.7	26	26.1	25.9	25.3	24.3	24.7	24.9	25.4	25.9	25.8	26.6	307.6	25.6
2010	26.8	26.8	26.4	26	25.1	24.7	23.6	24.3	24.3	24.8	25.2	26	304.0	25.3
2011	27.6	27.1	27.8	27.2	25.8	25.2	24.1	24.5	25.2	24.7	26.1	26.2	311.5	26.0
2012	27.5	27.6	26.5	24.2	23.1	23.9	24.6	25	25.85	25.95	25.9	27.2	307.3	25.6
SUMA	607.8	596.5	580.5	574.2	555.1	542.5	530.9	535.5	555.4	561.7	572.7	584.5	6797.0	566.4
MAX	28.9	28.9	28.3	27.8	27.8	26.1	27.0	27.2	28.0	27.1	27.4	27.6	328.2	27.4
MED	27.6	27.1	26.4	26.1	25.2	24.7	24.1	24.3	25.2	25.5	26.0	26.6	308.9	25.7
MIN	26.2	23.2	20.0	19.5	16.5	22.2	23.1	23.4	24.3	24.7	25.2	22.1	283.8	23.7

Temperatura-Celica.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	15.8	15.0	16.4	16.7	16.8	16.6	16.9	17.5	17.3	17.2	16.8	17.5	200.2	16.7
1991	16.2	16.0	16.1	16.5	16.8	17.0	16.7	16.9	17.4	16.9	17.4	17.2	201.2	16.8
1992	16.7	16.8	19.0	17.3	19.0	19.7	19.9	20.0	19.3	19.3	19.8	16.6	223.3	18.6
1993	18.6	17.5	19.2	19.3	19.7	19.9	19.4	20.3	20.4	20.4	20.1	20.3	234.9	19.6
1994	16.3	16.5	13.2	16.7	13.5	13.9	13.6	13.3	13.7	12.9	16.5	13.0	172.9	14.4
1995	12.4	15.5	15.7	13.1	16.2	15.6	16.2	16.8	13.0	13.1	13.5	13.3	174.4	14.5
1996	18.8	15.1	18.5	15.5	15.6	15.9	15.6	15.5	20.2	15.8	16.0	20.3	202.8	16.9
1997	19.3	20.0	19.6	20.0	20.2	19.4	19.2	19.7	20.2	19.9	20.0	19.3	236.4	19.7

1998	18.8	18.2	18.7	16.7	19.1	18.7	19.1	20.1	19.1	19.6	20.1	20.3	228.1	19.0
1999	15.2	19.0	15.3	15.3	15.5	15.5	15.8	15.7	16.7	15.5	13.4	13.5	186.4	15.5
2000	18.8	18.3	18.3	14.8	15.1	15.7	15.4	15.6	15.2	15.6	15.8	15.4	193.9	16.2
2001	18.8	18.7	19.1	15.5	15.4	18.8	14.2	16.0	15.7	15.9	10.3	14.9	193.1	16.1
2002	12.4	11.6	15.5	15.6	13.2	15.9	12.8	12.2	14.9	14.9	11.3	15.0	165.1	13.8
2003	14.6	14.3	11.4	15.1	11.3	11.1	11.3	15.6	9.4	11.4	15.3	15.3	155.8	13.0
2004	14.7	14.2	14.7	15.0	15.6	14.9	15.0	15.0	15.0	15.5	15.7	15.4	180.5	15.0
2005	15.0	14.2	11.3	19.4	15.9	15.1	15.9	15.9	15.9	15.8	15.7	10.2	180.2	15.0
2006	15.2	15.4	19.3	10.2	19.6	16.1	15.4	16.5	16.6	20.7	14.8	15.9	195.6	16.3
2007	15.8	12.9	15.6	14.3	15.9	13.55	13.2	16.45	16.2	22.125	23.0	19.1	198.0	16.5
2008	14.3	14.8	15.2	15.6	13.8	11.0	11.0	16.4	15.8	23.6	19.7	18.7	189.9	15.8
2009	14.8	15.1	15.3	15.6	16.2	16.3	16.4	16.5	16.7	16.3	16.4	16.2	177.0	16.1
2010	16	16.4	16.4	15.55	16.8	16.2	15.7	16.1	15.7	15.6	15.5	14.8	190.8	15.9
2011	14.8	14.8	15.3	15.5	16.3	16.2	16.1	16.15	16.3	15.8	16.1	15.2	188.6	15.7
2012	14.7	14.9	15.9	16	16.4	16.1	16.5	16.2	16.5	16	16.70	18.5	194.4	16.2
SUMA	352.9	364.8	374.6	365.0	373.7	368.9	361.1	380.2	376.9	389.7	379.6	375.9	4463.2	371.9
MAX	19.3	20.0	19.6	20.0	20.2	19.9	19.9	20.3	20.4	23.6	23.0	20.3	236.4	19.7
MED	16.0	15.9	16.3	15.9	16.2	16.0	15.7	16.5	16.4	16.9	16.5	16.3	194.1	16.2
MIN	12.4	11.6	11.3	10.2	11.3	11.0	11.0	12.2	9.4	11.4	10.3	10.2	155.8	13.0

Temperatura-Zaruma.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	23.1	22.4	23.6	21.9	22.5	22.5	22.1	22.7	23.6	24.1	24.2	23.9	276.6	23.1
1991	23.0	22.9	22.6	22.3	22.0	22.7	22.4	23.0	23.6	23.9	23.8	23.8	276.1	23.0
1992	23.3	23.3	23.1	22.7	22.3	22.0	21.9	22.7	22.3	23.8	23.7	23.9	274.9	22.9
1993	22.9	22.4	22.4	22.8	21.6	22.1	22.5	22.8	23.3	24.2	24.0	23.6	274.6	22.9
1994	17.2	22.4	18.7	18.6	18.8	18.4	17.1	22.3	18.8	18.0	23.7	23.7	237.6	19.8
1995	23.0	19.0	19.0	18.5	21.7	18.7	18.2	18.7	18.8	19.7	19.7	19.2	233.9	19.5
1996	18.4	18.4	18.9	18.9	22.4	22.9	18.4	18.5	19.2	18.9	24.1	19.6	238.4	19.9
1997	20.9	22.6	23.1	22.0	22.6	22.3	22.6	23.1	20.5	28.4	22.2	22.8	273.0	22.7
1998	23.3	20.6	22.9	20.7	22.4	22.1	21.8	23.5	19.0	22.3	23.7	22.3	264.5	22.0
1999	21.0	20.6	21.7	25.6	21.1	20.8	21.1	21.5	21.7	22.0	22.0	20.7	259.8	21.7
2000	20.9	20.5	21.0	21.3	21.3	20.9	21.0	21.7	21.5	22.8	21.6	27.4	261.9	21.8
2001	20.5	21.1	21.3	21.9	21.4	21.1	21.5	22.4	21.8	28.3	22.2	21.7	265.2	22.1
2002	21.7	21.2	26.2	25.3	21.2	20.9	26.3	27.3	22.6	23.8	22.0	21.8	280.2	23.3
2003	26.8	26.4	26.4	23.1	25.9	22.6	22.5	27.4	23.7	29.2	27.8	27.9	309.5	25.8
2004	22.9	22.7	23.1	22.5	22.1	22.2	22.9	23.7	24.4	24.1	24.6	23.8	279.0	23.2
2005	23.8	22.9	23.0	23.6	22.4	23.0	23.6	23.6	24.3	24.2	21.8	24.1	280.4	23.4
2006	23.0	23.0	23.9	23.7	23.6	22.5	23.0	23.8	24.2	24.3	23.9	23.6	282.4	23.5
2007	23.3	24.5	23.5	23.2	23.3	23.0	23.5	23.3	24.2	24.2	24.0	23.6	283.7	23.6
2008	21.6	21.6	22.5	22.8	22.3	21.6	22.8	23.0	24.0	23.9	23.5	23.3	272.9	22.7
2009	20.6	21.2	21.5	21.7	21.8	21.5	22.4	22.4	23.2	23.6	23.3	22.5	265.7	22.1
2010	21.8	22.4	22.6	22.9	22.6	22	22.1	22.1	22.3	22.5	22.2	21.7	267.2	22.3
2011	21	21.2	21.7	21.6	21.9	21.5	21.1	21.5	22.1	21.8	21.9	20.9	258.2	21.5
2012	20.6	22.9	20.7	22.4	22.1	21.8	23.5	23.3	24.2	24.0	23.7	24.4	273.4	22.8

SUMA	483.8	483.3	492.5	487.5	487.0	477.4	480.6	501.0	489.1	518.0	509.8	505.7	5915.6	493.0
MAX	26.8	26.4	26.4	25.6	25.9	23.0	26.3	27.4	24.4	29.2	27.8	27.9	309.5	25.8
MED	21.9	22.0	22.3	22.2	22.1	21.7	21.9	22.8	22.3	23.6	23.2	23.1	269.1	22.4
MIN	17.2	18.4	18.7	18.5	18.8	18.4	17.1	18.5	18.8	18.0	19.7	19.2	233.9	19.5

Temperatura-Cariamanga.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	17.8	18	17.8	17.7	17.9	17.4	17.8	16.9	17.2	17.2	17.2	16.8	209.7	17.5
1991	17.1	16.8	17	17.9	17.3	17.3	17	17.2	17.5	17.8	17.8	17.9	208.6	17.4
1992	16.6	18.75	18.6	17.9	17.9	18	17.7	17.7	17.4	17.6	17.4	17.6	213.2	17.8
1993	16.6	20.7	17.75	20.9	21	21.6	21.2	21.1	21.4	20.7	21.8	21.6	246.4	20.5
1994	16.6	17.1	16.9	16.9	17.5	17.6	17.8	17.8	18.4	18.1	17.6	18.4	210.7	17.6
1995	18.7	17.7	18	18.6	17.8	17.9	17.7	18.4	18.4	18.7	17.9	17.8	217.6	18.1
1996	16.8	17.1	17.4	17.6	17.6	17.8	17.6	17.6	18.2	17.9	17.9	17.4	210.9	17.6
1997	16.6	17.3	17.5	18	18.2	17.5	18.3	18.2	18.1	17.9	17.2	18	218.1	18.2
1998	19	18.2	18.6	18.5	17.9	18	18	17.8	18	17.9	18	18.2	218.1	18.2
1999	17.4	16.6	18.2	17.5	17.7	17.7	17.6	17.9	17.7	18	18	16.9	211.2	17.6
2000	17.6	16.3	16.9	17.7	17.9	17.9	17.5	17.8	17.6	18.1	17.7	17.5	210.5	17.5
2001	16.5	17.6	17.4	18.4	17.7	17.3	18	18	17.8	18.5	18.3	18.2	213.7	17.8
2002	17.8	18.3	18.5	17.8	18	17.5	17.9	18.3	17.9	18.2	17.9	17.8	215.9	18.0
2003	18	18.9	17.9	17.9	18.4	17.8	17.6	18.2	17.9	18.1	18.5	19.3	218.5	18.2
2004	17.5	18.1	19.1	18.1	18.3	18.4	18.3	18.5	17.8	17.8	18.5	18.5	218.9	18.2
2005	18.6	17.4	17.2	18.8	18.5	18.4	18	18.2	18.5	18.2	18.5	17.4	217.7	18.1
2006	17.7	17.2	17.8	18.7	18.7	18.3	17.3	18.6	18.6	18.3	18.2	18.4	217.8	18.2
2007	18.9	18.8	18.7	18.7	18.7	18.6	16.6	18.2	18.4	18.1	18.3	17.2	219.2	18.3
2008	18	17.6	18.3	18	18.1	17.8	17.2	17.6	17.8	17.6	17.2	17.4	212.6	17.7
2009	15.9	16.7	18.65	16.5	17.4	17.6	17.7	18.1	18.5	18.6	18.1	18	211.8	17.6
2010	18	18.7	19	18.8	19	18.7	18	18.4	18.8	18.8	18.1	17.2	221.4	18.5
2011	17.3	18.3	18.4	17.6	18.4	18.2	18.2	18.6	18.4	18.2	17.5	17.2	216.3	18.0
2012	16.8	17.8	18.4	18.1	18.6	18.9	19.1	19.1	19.7	18.1	18	17.8	220.4	18.4
SUMA	401.8	410.0	414.0	416.6	418.5	416.2	412.0	418.2	419.9	418.4	415.6	412.5	4973.6	414.5
MAX	19.0	20.7	19.1	20.9	21.0	21.6	21.2	21.1	21.4	20.7	21.8	21.6	246.4	20.5
MED	17.5	17.8	18.0	18.1	18.2	18.1	17.9	18.2	18.3	18.2	18.1	17.9	216.5	18.0
MIN	15.9	16.3	16.9	16.5	17.3	17.3	16.6	16.9	17.2	17.2	17.2	16.8	208.6	17.4
DESV	0.8	1.0	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.7	0.9	1.0	7.5	0.6
CV														
(%)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0

Temperatura-Quinara.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	17.3	16.5	16.6	16.6	17.2	17.6	16.9	17.5	18.7	17.9	17.5	17.2	207.6	17.3
1991	16.9	17.7	17.3	17.5	19.0	19.0	17.6	18.2	17.9	18.2	17.9	17.9	215.1	17.9
1992	18.3	18.0	18.5	17.5	18.1	17.6	17.6	18.1	18.2	17.9	18.1	18.1	215.9	18.0
1993	17.4	17.3	17.3	16.7	17.9	17.5	17.3	17.6	17.7	17.7	17.6	17.5	209.4	17.5
1994	17.1	17.3	17.6	14.0	15.0	13.2	11.8	17.6	17.8	17.7	17.4	18.6	194.8	16.2
1995	17.5	16.3	17.5	17.6	17.1	14.0	17.8	18.2	18.0	18.2	17.7	17.3	207.2	17.3

1996	19.1	17.0	14.0	16.0	16.0	16.0	16.1	16.2	16.4	18.6	17.9	17.6	200.7	16.7
1997	17.6	17.7	13.5	14.4	14.9	17.9	14.3	14.2	14.9	18.9	18.0	17.8	194.0	16.2
1998	18.3	14.4	18.2	18.2	18.3	18.1	17.9	14.3	18.3	18.5	13.7	17.7	205.9	17.2
1999	17.9	17.7	14.2	15.0	14.6	17.8	14.3	14.0	17.8	17.4	17.9	17.1	195.6	16.3
2000	17.8	14.1	16.9	16.9	17.1	13.4	17.8	18.3	18.2	18.0	18.4	18.0	205.0	17.1
2001	17.6	16.9	19.0	19.1	19.5	13.6	17.6	20.1	23.1	22.4	22.0	18.7	229.6	19.1
2002	21.4	21.0	21.1	21.3	21.8	21.1	19.2	21.9	28.0	26.8	25.7	19.4	268.6	22.4
2003	21.5	26.5	20.8	21.4	21.0	21.2	20.8	21.6	21.9	22.1	21.5	21.6	261.9	21.8
2004	21.7	21.1	21.2	20.9	21.2	21.5	20.1	21.7	22.1	22.1	21.4	21.2	256.1	21.3
2005	21.5	17.1	17.2	20.4	21.4	21.7	19.4	21.7	22.3	21.4	21.3	20.7	246.1	20.5
2006	20.7	20.4	20.4	20.7	21.2	21.0	21.5	22.5	22.3	22.3	21.6	14.9	249.5	20.8
2007	21.6	20.9	20.9	20.7	20.7	21.2	21.2	21.0	21.6	21.5	20.8	20.6	252.7	21.1
2008	17.3	20.2	20.5	20.2	20.3	20.0	20.1	20.2	27.4	21.4	21.1	21.0	249.6	20.8
2009	17.3	17.6	14.4	18.2	21.4	16.9	20.8	21.6	21.6	18.5	17.4	18.0	223.5	18.6
2010	18.3	19.1	17.0	20.7	20.9	21.2	21.5	22.5	22.3	21.7	22.3	14.9	242.3	20.2
2011	21.5	17.1	20.8	21.4	21.8	21.4	21.4	21.7	19.4	21.7	22.3	15.0	245.5	20.5
2012	17.4	20.5	19.4	20.5	21.5	20.7	18.6	21.2	20.7	19.4	22.1	16.9	238.9	19.9
SUMA	432.8	422.4	414.1	425.6	437.9	423.3	421.6	441.7	466.5	460.2	451.7	417.6	5215.3	434.6
MAX	21.7	26.5	21.2	21.4	21.8	21.7	21.5	22.5	28.0	26.8	25.7	21.6	268.6	22.4
MED	18.8	18.4	18.0	18.5	19.0	18.4	18.3	19.2	20.3	20.0	19.6	18.2	226.2	18.8
MIN	16.9	14.1	13.5	14.0	14.6	13.2	11.8	14.0	14.9	17.4	13.7	14.9	194.0	16.2

Temperatura-Yangana.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	20.4	19.3	18.8	18.9	18.7	17.9	17.7	18.6	20.3	19	19.2	18.8	207.2	18.8
1991	18.9	19.4	19.3	19	19	19	18.2	17.4	19.6	18.8	19.6	19.8	228.0	19.0
1992	19.7	19.6	18.9	19.8	20	19.2	17.9	20	19.4	20.1	20.8	20.8	236.2	19.7
1993	20.8	19.6	18.5	19.8	19.7	19	18.9	20.1	18.8	19.5	20.5	19.5	234.7	19.4
1994	19.1	18.8	19.3	19.5	19.7	18.7	18.4	18.6	19.5	20.1	19.9	19.9	231.5	19.3
1995	20.3	19.9	19.7	20.1	19.6	19.7	19.1	20.1	19.8	19.9	20	19.4	237.6	19.8
1996	19.0	19.0	19.3	19.7	19.5	19.2	18.3	18.5	19.4	20.3	21.5	21.0	234.7	19.6
1997	21.2	19.4	20.1	19.2	19.3	20.8	18.7	19.4	20.6	20.6	20.85	20.65	240.8	20.0
1998	20.4	20.5	20.6	20.6	20.2	19.7	19.6	20.2	20.7	20.7	20.2	20.3	243.7	20.3
1999	19.6	19.0	19.5	19.3	19.2	19.1	18.2	18.7	19.3	19.8	20.1	18.6	230.4	19.2
2000	19.3	19.0	19.3	19.4	19.4	19.4	19.0	18.7	19.7	19.4	20.9	19.8	233.3	19.5
2001	18.4	19.1	19.6	19.5	19.4	19.1	18.9	18.9	19.5	20.5	20.2	20.0	233.1	19.5
2002	19.7	19.4	19.7	19.8	19.5	19.0	19.1	19.0	19.3	19.7	19.5	20.1	233.8	19.5
2003	19.9	19.8	19.8	24.2	19.4	19.6	19.0	19.7	20.0	19.5	19.8	16.1	236.8	19.7
2004	19.7	19.7	23.10	22.05	19.10	19.25	19.70	19.4	23.2	20.0	20.1	19.9	245.2	20.5
2005	18.83	19.9	26.4	19.9	18.8	18.9	20.4	18.85	20.90	19.0	19.2	18.3	239.4	20.1
2006	18.0	18.4	18.4	18.7	18.1	18.3	14.4	18.3	18.6	19.1	19.4	18.7	218.4	18.2
2007	18.8	15.4	15.2	14.7	18.9	14.0	14.8	18.4	14.1	18.2	13.5	18.2	194.1	15.9
2008	18.1	15.3	18.0	18.3	18.2	17.8	17.9	17.9	17.9	18.4	18.5	18.3	214.6	17.9
2009	18.1	18.2	18.5	18.4	19	19.1	18.5	18.4	19.7	19.3	19.4	19.1	225.7	18.9
2010	18.9	19.2	19.4	19.3	19.3	18.7	18.7	18.5	18.9	19.2	18.3	18.2	226.6	18.9
2011	18.5	18	18.1	18.3	19.1	18.8	18	19.2	18.7	18	18	18	220.7	18.4
2012	18	17.9	18.4	18.4	18.6	18.9	19.7	19.2	19	18.9	18.6	18.3	223.9	18.7
SUMA	443.6	433.8	447.9	446.8	441.7	433.2	423.1	436.1	446.9	448.0	448.0	441.7	5290.7	440.9
MAX	21.2	20.5	26.4	24.2	20.2	20.8	20.4	20.2	23.2	20.7	21.5	21.0	245.2	20.5

MED	19.3	18.9	19.5	19.4	19.2	18.8	18.4	19.0	19.4	19.5	19.5	19.2	229.1	19.2
MIN	18.0	15.3	15.2	14.7	18.1	14.0	14.4	17.4	14.1	18.0	13.5	16.1	194.1	15.9

Temperatura-Malacatos.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	23.9	23.9	23.7	23.0	33.0	33.0	22.8	24.1	23.4	24.3	24.0	31.0	310.1	25.8
1991	24.1	22.9	23.5	24.0	24.0	23.8	23.8	22.8	24.5	23.6	23.9	23.6	284.4	23.7
1992	23.6	24.1	23.3	24.0	23.6	24.0	23.6	23.6	23.7	23.4	23.6	23.4	283.9	23.7
1993	23.3	22.8	22.6	22.5	23.6	23.5	23.0	23.6	23.4	23.1	23.8	23.4	278.4	23.2
1994	23.4	23.3	23.4	23.6	23.3	23.3	23.7	17.4	19.9	23.9	19.9	24.1	269.2	22.4
1995	24.2	20.0	19.5	23.8	24.2	19.5	23.5	23.4	22.1	20.6	23.9	23.9	268.5	22.4
1996	23.7	19.9	20.6	20.1	23.9	23.9	20.3	24.1	24.3	24.0	23.8	22.6	271.2	22.6
1997	19.9	24.3	20.1	20.4	21.7	24.1	20.8	24.6	20.8	23.8	23.7	21.3	265.6	22.1
1998	23.8	23.5	19.3	19.4	19.5	20.7	24.9	24.6	21.0	18.5	24.8	22.4	262.5	21.9
1999	21.8	22.6	21.1	18.9	19.7	20.6	22.8	22.7	20.7	21.5	24.1	20.4	256.8	21.4
2000	19.8	21.6	22.9	18.3	19.9	20.4	20.7	20.7	20.4	24.5	23.4	19.8	252.4	21.0
2001	20.2	23.7	23.3	19.6	19.6	19.9	19.3	19.6	19.7	19.8	23.5	19.1	247.3	20.6
2002	19.9	19.1	24.6	18.9	19.3	19.4	20.4	21.5	21.5	19.9	23.6	23.1	251.2	20.9
2003	19.7	18.9	19.2	19.2	19.4	19.3	23.7	23.4	23.3	19.9	23.6	19.9	249.5	20.8
2004	23.5	23.3	23.0	23.1	19.5	23.2	23.3	21.7	23.2	23.4	23.2	23.4	273.8	22.8
2005	23.9	23.2	18.5	23.3	23.3	23.5	23.8	19.9	23.8	23.8	19.9	24.7	271.6	22.6
2006	19.4	18.5	22.8	23.2	23.5	18.9	23.1	23.4	24.4	25.9	25.7	21.3	270.2	22.5
2007	24.8	21.2	24.6	20.7	24.0	19.6	23.9	20.1	20.3	20.7	20.1	20.6	260.7	21.7
2008	20.2	23.1	20.3	23.3	20.0	19.6	19.3	19.7	24.1	24.4	20.9	23.9	258.8	21.6
2009	19.4	19.8	20.3	20.3	20.5	19.7	20	19.7	21	21.5	21.7	21.7	245.6	20.5
2010	20.2	20.8	20.3	20.8	20.3	20	20.2	19.9	20.4	20.7	20.1	20.1	243.8	20.3
2011	20.2	20	20.2	19.7	19.6	20.3	19.8	20.2	19.9	20.8	20.9	20.4	242.0	20.2
2012	19.7	19.7	20	19.6	19.9	20.3	20	20.4	20.3	20.1	20.1	20.2	240.3	20.0
SUMA	502.6	500.1	497.2	489.7	505.3	500.3	506.6	501.1	506.0	512.1	522.2	514.3	6057.5	504.8
MAX	24.8	24.3	24.6	24.0	33.0	33.0	24.9	24.6	24.5	25.9	25.7	31.0	310.1	25.8
MED	21.9	21.7	21.6	21.3	22.0	21.8	22.0	21.8	22.0	22.3	22.7	22.4	263.4	21.9
MIN	19.4	18.5	18.5	18.3	19.3	18.9	19.3	17.4	19.7	18.5	19.9	19.1	240.3	20.0

Temperatura-Amaluza.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	20.4	19.6	20.3	19.7	20.1	20.5	20.8	20.3	20.6	20	19.4	20	241.7	20.1
1991	19.2	20.2	18.1	20.3	20.2	20.9	20.7	20.8	20.7	20.5	20.5	20.2	242.3	20.2
1992	28.4	27.7	27.2	26.5	25.7	23.9	24.3	24.3	24.5	25.6	25.8	26.6	310.5	25.9
1993	27.5	27	26.8	26.3	24.3	24.2	23.9	22.7	22.8	23.5	23.55	23.85	296.4	24.7
1994	19.9	19.8	19.6	19.8	20.3	21.3	21.1	21.1	21	21.4	21.3	21.1	247.7	20.6
1995	21.4	21	20.8	19.4	21.1	21.7	21.9	21.9	21.4	21.3	22.4	18.4	252.7	21.1
1996	20.4	21.7	20.35	19.9	21.15	21.7	22.3	22.1	22	22.2	21.85	19.85	255.4	21.3
1997	19.4	22.4	19.9	20.4	21.2	21.7	22.6	22.3	22.5	23.1	21.3	21.3	258.1	21.5
1998	20.15	22.2	21.9	22.1	21.45	21.6	21.2	21.1	21.3	21	21.7	21.9	257.6	21.5
1999	20.9	21.2	21.8	21.9	21.7	21.4	20.1	21.3	20.9	20.7	20.9	22	254.8	21.2
2000	19.9	20.9	20.75	21.35	21.05	22.4	20.8	23	20.8	21	20.85	21.4	254.2	21.2

2001	18.9	20.6	19.7	20.8	20.4	23.4	21.5	24.7	20.6	21.3	20.8	20.8	253.5	21.1
2002	21.4	20.1	20.3	19.9	20.4	21.4	22.5	22	22.3	21.4	20.3	21	253.0	21.1
2003	21.1	21.9	21.1	20.4	21.9	21.7	21.6	22.6	22.1	21.6	21.1	20.6	257.7	21.5
2004	21	21	21.1	20.9	20.5	21.2	20.9	21.5	20.5	19.6	20.4	20.2	248.8	20.7
2005	20.1	20.3	20.5	21	20.9	21.6	22	22	21.8	20.9	21.1	19.9	252.1	21.0
2006	20.8	20.2	19.8	21.3	21.8	22.1	21.5	22.4	21.9	21.5	21	20.7	255.0	21.3
2007	20.7	20.5	19.5	19.9	20.3	20.7	20.5	19.5	20.1	19.1	19.5	18.8	239.1	19.9
2008	18.5	18.2	19	18.8	19.3	19.8	19.4	20.1	19.6	19.6	20	20.1	232.4	19.4
2009	18.4	18.8	19.5	19.8	20.4	20.8	21.1	21.7	21.2	20.5	20.3	20.4	242.9	20.2
2010	20	19.4	20.6	20.1	20.2	20.5	20.8	20	20.2	20.6	20.3	19.4	242.1	20.2
2011	19	18.5	19.5	18.7	19.3	20	19.6	20.9	19.8	19.2	19.9	18.7	233.1	19.4
2012	18	18.5	21	20.7	20.8	20.6	20.7	20.7	21.4	20.6	20.1	20.6	243.7	20.3
SUMA	475.5	481.7	479.1	480.0	484.5	495.1	491.8	499.0	489.9	486.2	484.4	477.8	5824.7	485.4
MAX	28.4	27.7	27.2	26.5	25.7	24.2	24.3	24.7	24.5	25.6	25.8	26.6	310.5	25.9
MED	20.7	20.9	20.8	20.9	21.1	21.5	21.4	21.7	21.3	21.1	21.1	20.8	253.2	21.1
MIN	18.0	18.2	18.1	18.7	19.3	19.8	19.4	19.5	19.6	19.1	19.4	18.4	232.4	19.4

Temperatura-La Argelia.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	16.0	16.4	15.8	16.5	16.2	15.4	15.0	15.3	16.1	16.7	16.7	16.1	192.2	16.0
1991	16.3	16.2	16.5	16.2	16.2	16.1	15.1	14.6	16.5	16.2	17.0	17.3	194.2	16.2
1992	16.3	16.5	16.6	16.5	16.5	15.5	14.2	15.7	15.9	16.5	16.5	16.3	193.0	16.1
1993	16.05	16.2	16.0	16.7	16.3	15.4	15.1	14.9	15.3	16.1	16.3	16.6	191.0	15.9
1994	15.8	15.8	16.3	16.1	16.2	15.3	14.9	14.9	16.1	16.1	16.4	16.8	190.7	15.9
1995	15.8	16.7	16.3	16.7	16.2	16.3	15.5	16.3	16.2	16.7	16.8	16.2	195.7	16.3
1996	15.8	15.7	16.4	16.4	16.1	15.6	14.5	15.0	16.1	16.3	16.5	16.4	190.8	15.9
1997	15.9	15.6	16.3	16.1	15.9	16.2	15.0	15.5	16.7	17.2	16.7	16.15	193.3	16.1
1998	16.8	17.6	17.3	17.6	17.1	15.7	15.4	16.2	16.8	16.6	16.5	15.9	199.5	16.6
1999	16.1	15.6	16.0	15.8	15.7	15.6	14.9	14.8	15.8	16.0	17.0	15.7	189.0	15.8
2000	15.9	15.8	16.0	16.2	16.1	15.6	15.2	14.9	15.6	16.6	15.8	16.3	190.0	15.8
2001	16.3	15.8	16.5	16.5	16.7	15.5	15.3	15.1	15.8	17.6	16.8	17.2	195.1	16.3
2002	16.0	15.9	16.4	16.0	16.4	15.6	15.5	15.1	16.3	16.2	15.8	16.4	191.6	16.0
2003	15.4	15.8	15.8	16.0	15.7	15.8	15.0	16.1	16.7	17.2	16.9	16.3	192.7	16.1
2004	16.8	16.5	16.1	16.6	16.5	14.6	14.8	15.6	16.1	16.5	16.9	16.7	193.7	16.1
2005	16.7	16.8	16.9	16.8	16.6	16.0	15.7	16.1	16.8	16.9	16.1	16.4	197.8	16.5
2006	16.5	16.6	16.6	16.8	16.3	16.1	16.1	16.5	17.1	17.1	17.3	17.3	200.3	16.7
2007	17.2	16.7	16.6	17.4	16.4	14.7	15.8	15.5	16.0	16.3	16.3	16.2	195.1	16.3
2008	15.9	15.5	16.0	16.1	15.9	15.5	14.8	15.2	15.9	16.4	16.7	16.6	190.5	15.9
2009	16.1	16.1	16.5	16.6	16.4	15.9	15.5	15.8	16.3	17	16.8	17.2	196.2	16.4
2010	16.3	17.1	17.5	17.7	17.2	16	16.3	15.7	16.4	17	16	16	199.2	16.6
2011	16.1	16.3	16.4	16.6	15.9	16.1	15.2	16.2	16.1	16.4	16.5	16.4	194.2	16.2
2012	16.4	16.1	16.4	16.7	16.2	15.8	15.6	16	16.4	16.8	17.2	16.6	196.2	16.4
SUMA	372.5	373.3	377.2	380.6	374.7	360.3	350.4	357.0	373.0	382.4	381.5	379.1	4461.9	371.8
MAX	17.2	17.6	17.5	17.7	17.2	16.3	16.3	16.5	17.1	17.6	17.3	17.3	200.3	16.7
MED	16.2	16.2	16.4	16.5	16.3	15.7	15.2	15.5	16.2	16.6	16.6	16.5	194.0	16.2
MIN	15.4	15.5	15.8	15.8	15.7	14.6	14.2	14.6	15.3	16.0	15.8	15.7	189.0	15.8

Temperatura-Saraguro.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total	Media
1990	13.2	14.0	10.6	13.5	14.5	13.4	20.0	18.7	20.8	22.5	13.6	11.4	186.1	15.5
1991	11.0	11.8	11.0	10.2	16.1	15.6	14.5	13.6	10.5	10.9	10.5	11.2	146.7	12.2
1992	11.7	11.6	11.5	11.1	11.2	10.7	13.77	10.4	9.9	10.7	13.7	14.4	140.4	11.7
1993	13.4	13.3	13.2	14.9	15.1	14.3	13.0	13.7	14.0	15.2	15.6	14.9	170.8	14.2
1994	14.6	15.4	15.3	11.3	16.1	10.6	9.1	13.0	13.4	5.2	14.9	16.0	154.7	12.9
1995	10.7	20.3	15.6	16.2	19.9	12.1	10.83	14.2	14.9	14.7	14.5	14.7	178.4	14.9
1996	14.4	19.7	15.2	15.0	14.3	13.6	12.6	14.9	14.3	14.0	14.3	14.9	177.2	14.8
1997	14.5	14.3	14.4	19.6	14.2	14.7	14.4	20.1	20.5	21.4	19.5	20.1	207.5	17.3
1998	14.6	15.8	20.1	15.9	15.4	14.6	14.8	10.5	9.5	16.7	10.1	14.4	172.3	14.4
1999	14.7	15.6	15.1	15.1	10.9	11.4	8.6	14.7	10.7	14.9	11.1	15.3	157.9	13.2
2000	15.0	15.5	15.2	11.7	16.3	14.9	14.7	14.35	10.2	13.09	13.15	15.43	169.5	14.1
2001	17.65	14.9	15.4	15.6	15.2	10.1	14.5	14.0	9.8	11.3	15.2	15.6	169.1	14.1
2002	20.3	10.8	16.3	15.5	10.5	14.8	10.5	16.38	8.6	16.2	15.05	12.6	167.3	13.9
2003	11.0	20.7	20.6	16.2	16.3	19.1	12.58	18.8	10.5	21.2	14.9	11.0	192.4	16.0
2004	8.2	20.4	16.1	20.4	15.7	12.6	14.7	14.1	9.3	15.1	14.6	15.3	176.5	14.7
2005	21.7	15.6	14.4	11.2	13.6	20.9	14.2	9.0	16.5	15.2	14.7	20.0	186.8	15.6
2006	19.0	15.7	11.0	15.7	19.5	14.5	9.7	14.6	15.1	14.4	16.0	15.6	180.8	15.1
2007	16.3	11.2	11.9	17.1	19.6	11.2	15.0	9.8	18.7	14.4	14.8	13.9	173.7	14.5
2008	14.0	8.7	8.8	9.4	14.0	14.5	13.7	12.4	17.1	15.15	15.6	15.6	158.9	13.2
2009	15.4	15.4	15.6	15.5	15.5	15.2	14.8	15	15.5	15.9	15.6	16	185.4	15.5
2010	15.9	16.4	16.6	16.4	16.3	15.2	15.1	14.5	15.2	15.6	14.8	15	187.0	15.6
2011	14.7	15.6	15.4	15.6	16.3	14.9	10.5	18.8	9.5	14.9	15.2	14.4	175.6	14.6
2012	14.5	16.8	9.9	15.7	17.5	14.7	14.6	13.5	16.8	15.1	15.9	12.5	177.5	14.8
SUMA	336.2	349.3	328.7	338.5	353.8	323.4	306.0	328.7	311.0	343.6	333.2	339.9	3992.4	614.2
MAX	21.7	20.7	20.6	20.4	19.9	20.9	20.0	20.1	20.8	22.5	19.5	20.1	207.5	17.3
MED	14.6	15.2	14.3	14.7	15.4	14.1	13.3	14.3	13.5	14.9	14.5	14.8	173.6	14.5
MIN	8.2	8.7	8.8	9.4	10.5	10.1	8.6	9.0	8.6	5.2	10.1	11.0	140.4	11.7

Temperatura-Yanzatza.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	23.8	24.1	23.5	24.0	23.7	22.3	21.5	22.3	23.1	24.1	23.8	23.9	280.0	23.3
1991	24.3	23.8	24.2	24.0	23.6	23.5	21.7	21.6	23.2	23.2	24.5	24.9	282.4	23.5
1992	24.3	24.1	23.9	24.1	24.0	22.4	21.4	22.2	22.9	23.6	24.7	24.2	282.0	23.5
1993	23.9	23.6	23.6	23.8	23.8	22.1	22.3	22.5	23.1	23.2	24.8	24.3	281.0	23.4
1994	23.9	23.3	23.4	23.6	23.3	21.8	21.9	21.9	22.7	24.0	23.8	24.4	278.0	23.2
1995	23.9	24.7	24.4	24.1	23.0	22.8	23.0	23.1	22.2	24.2	24.9	24.2	284.4	23.7
1996	23.8	23.9	24.3	24.0	23.1	23.2	21.9	22.0	22.7	24.4	24.5	24.7	282.4	23.5
1997	23.6	23.0	24.1	23.8	23.3	23.6	20.8	20.9	23.2	24.7	24.2	25.3	280.4	23.4
1998	25.1	25.9	25.9	26.3	24.7	22.8	21.5	23.0	23.4	24.1	25.1	24.4	292.4	24.4
1999	23.9	23.3	23.4	22.5	22.9	21.6	21.6	22.6	22.9	23.6	24.7	24.0	277.0	23.1
2000	23.6	24.5	22.3	23.3	22.8	21.9	21.3	22.0	23.1	23.9	24.0	24.5	277.2	23.1
2001	23.7	22.9	23.8	23.4	23.8	22.5	21.1	22.2	22.0	23.6	24.4	24.0	277.4	23.1
2002	23.9	24.3	23.8	23.2	22.5	22.5	21.7	22.3	22.7	23.6	24.2	24.1	278.8	23.2
2003	24.1	24.6	24.1	24.5	23.8	23.0	21.3	22.9	23.3	25.1	24.7	24.7	286.3	23.9
2004	24.3	22.9	23.0	23.1	22.8	21.0	21.0	21.9	22.8	23.7	23.3	24.2	274.0	22.8
2005	24.2	23.5	23.6	24.4	23.5	22.1	21.4	22.7	22.5	23.5	23.5	24.0	278.8	23.2

2006	24.8	24.6	24.3	24.1	23.4	22.7	22.1	22.9	23.4	23.0	25.1	24.9	285.1	23.8
2007	24.0	24.7	22.8	23.0	24.0	21.8	23.3	22.5	22.6	23.9	24.2	24.1	280.8	23.4
2008	23.2	22.0	23.5	22.7	23.2	23.3	22.1	23.1	23.3	24.1	25.1	25.0	280.6	23.4
2009	23.9	23.8	24.4	24.3	24.2	23.4	23.0	21.3	25.0	25.4	24.9	25.1	288.5	24.0
2010	24.4	25.4	25.9	25.6	24.5	23.1	23.3	21.3	22.3	22.6	23.7	23.8	285.9	23.8
2011	24.7	24.3	25.0	24.9	23.3	22.9	21.5	23.0	21.6	23.8	24.4	24.5	283.8	23.6
2012	24.1	23.9	25.2	24.4	22.4	22.3	23.6	22.1	24.1	23.7	25.4	25.2	286.4	23.9
SUMA	553.2	551.0	552.3	551.2	539.3	518.5	504.3	512.2	528.0	549.0	562.1	562.3	6483.4	540.3
MAX	25.1	25.9	25.9	26.3	24.7	23.6	23.6	23.1	25.0	25.4	25.4	25.3	292.4	24.4
MED	24.1	24.0	24.0	24.0	23.4	22.5	21.9	22.3	23.0	23.9	24.4	24.4	281.9	23.5
MIN	23.2	22.0	22.3	22.5	22.4	21.0	20.8	20.9	21.6	22.6	23.3	23.8	274.0	22.8

Temperatura-Nambacola (COLEGIO AGRO.CUEVA).

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
2005	19.3	19.2	19.2	19.0	20.2	20.4	20.3	20.4	20.8	20.7	20.4	20.3	240.2	20.0
2006	19.0	18.9	19.2	19.1	20.2	20.2	20.4	20.3	20.6	20.3	19.85	19.8	237.8	19.8
2007	20.1	19.3	19.5	19.5	19.6	19.7	20.2	20.2	20.4	19.9	19.3	19.2	236.9	19.7
2008	19.4	18.1	18.6	19.0	19.4	19.6	19.7	20.0	20.4	20.1	19.7	19.1	233.1	19.4
2009	18.7	18.6	19.2	19.6	19.9	20.1	19.9	20.4	20.3	20.2	19.9	20.2	237.0	19.8
2010	20.1	20	20.4	20.2	20.1	20.3	20.2	20.6	20.4	20.3	19.8	19.3	241.7	20.1
2011	19.5	19.2	19.1	19.3	19.4	20	19.9	20.7	20.4	20.1	19.50	19.3	236.4	19.7
2012	18.4	18.4	19.8	19.2	19.9	20.2	20.4	20.7	20.5	20.5	19.90	19.7	237.6	19.8
SUMA	174.6	171.3	175.5	175.2	178.8	180.6	181.8	184.2	184.5	182.9	178.9	177.2	2145.4	178.8
MAX	20.1	20.0	20.5	20.3	20.2	20.4	20.8	20.9	20.8	20.8	20.5	20.3	244.7	20.4
MED	19.4	19.0	19.5	19.5	19.9	20.1	20.2	20.5	20.5	20.3	19.9	19.7	238.4	19.9
MIN	18.4	18.1	18.6	19.0	19.4	19.6	19.7	20.0	20.3	19.9	19.3	19.1	233.1	19.4

Anexo 2. Tablas de las estaciones meteorológicas (Humedad Relativa).

Humedad Relativa-Zapotillo.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	76.5	80.4	73.0	90.4	85.1	70.0	75.0	83.0	84.0	74.0	72.4	81.3	945.1	78.8
1991	75.3	81.0	88.0	83.0	76.0	73.0	78.5	77.0	74.0	72.0	74.0	74.0	925.8	77.1
1992	74.0	79.0	87.0	91.0	86.0	87.0	82.0	76.0	76.0	76.0	77.0	80.0	971.0	80.9
1993	79.0	84.0	88.0	89.0	92.0	85.0	83.0	75.0	73.5	74.5	75.0	76.0	974.0	81.2
1994	75.0	79.7	81.5	84.0	91.2	73.0	73.0	74.0	71.0	73.0	73.0	72.0	920.4	76.7
1995	71.0	75.4	75.0	79.0	90.4	75.0	76.0	74.0	71.0	69.0	70.0	71.0	896.8	74.7
1996	70.0	68.0	76.0	68.0	69.0	77.0	76.0	73.0	70.0	70.5	70.0	69.0	856.5	71.4
1997	71.0	73.0	79.0	78.0	81.0	76.0	70.0	73.0	70.0	72.0	74.0	81.0	898.0	74.8
1998	90.0	89.0	89.0	89.0	88.0	81.0	72.0	71.0	73.2	71.0	73.5	66.0	952.7	79.4
1999	68.0	78.0	81.0	82.0	80.2	78.3	74.0	71.7	76.4	76.5	73.0	65.2	904.3	75.4
2000	78.0	74.0	86.0	75.0	72.4	75.6	84.0	72.4	85.0	82.0	84.0	64.4	932.8	77.7
2001	88.0	70.0	67.0	68.0	65.0	78.0	79.7	78.0	75.0	78.2	80.3	73.0	900.2	75.0
2002	83.0	78.0	73.0	74.5	73.0	80.4	75.4	72.0	69.0	74.4	76.5	74.6	903.8	75.3
2003	78.0	76.4	79.0	81.0	81.0	82.0	75.0	69.0	63.0	73.7	74.8	73.3	906.2	75.5
2004	71.0	77.2	77.2	79.5	75.0	79.5	75.5	71.0	66.5	73.0	73.0	72.0	890.4	74.2
2005	78.7	78.0	75.4	78.0	69.0	77.0	76.0	73.0	70.0	68.5	72.0	77.0	862.9	71.9
2006	86.4	75.0	76.0	73.0	69.0	68.0	68.0	63.0	67.5	64.0	71.0	82.0	872.0	72.7

2007	87.0	82.0	86.0	77.0	74.0	70.0	67.0	68.0	65.0	64.0	65.0	67.0	874.0	72.8
2008	73.0	80.0	83.0	81.0	81.0	82.0	75.0	69.0	63.0	64.0	63.0	60.0	874.0	72.8
SUMA	1472.9	1478.1	1520.1	1520.4	1498.3	1467.8	1435.1	1383.1	1363.1	1370.3	1391.4	1378.8	17279.4	1439.9
MAX	90.0	89.0	89.0	91.0	92.0	87.0	84.0	83.0	85.0	82.0	84.0	82.0	974.0	81.2
MED	77.5	77.8	80.0	80.0	78.9	77.3	75.5	72.8	71.7	72.1	73.2	72.6	908.5	75.7
MIN	68.0	68.0	67.0	68.0	65.0	68.0	67.0	63.0	63.0	64.0	63.0	60.0	856.5	71.4

Humedad Relativa-Celica.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	95.0	96.0	94.0	89.0	93.0	93.0	93.0	91.0	94.0	95.0	90.0	86.0	1109.0	92.4
1991	92.0	95.0	95.0	92.0	92.0	89.0	85.0	85.0	86.0	86.0	84.0	92.0	1073.0	89.4
1992	93.0	94.0	93.0	93.0	93.0	84.0	80.0	83.0	86.0	88.0	89.0	87.0	1063.0	88.6
1993	83.0	86.0	84.0	87.0	86.0	78.0	82.0	81.0	85.0	85.0	84.0	88.0	1009.0	84.1
1994	90.0	92.0	93.0	93.0	89.0	84.0	79.0	80.0	82.0	80.0	81.0	89.0	1032.0	86.0
1995	94.0	95.0	95.0	92.0	90.0	90.0	88.0	85.0	84.0	89.0	93.0	90.0	1085.0	90.4
1996	94.0	91.0	92.0	90.0	91.0	91.0	87.0	85.0	87.0	82.0	80.0	87.0	1057.0	88.1
1997	87.0	90.0	89.0	88.0	86.0	85.0	84.0	87.0	85.0	86.0	87.0	89.0	1043.0	86.9
1998	89.0	89.0	90.0	91.0	91.0	90.0	92.0	92.0	92.0	93.0	92.0	92.0	1093.0	91.1
1999	91.0	94.0	94.0	94.0	94.0	92.0	90.0	92.0	93.0	94.0	94.0	94.0	1116.0	93.0
2000	95.0	96.0	95.0	96.0	95.0	93.0	94.0	95.0	93.0	92.0	90.0	93.0	1127.0	93.9
2001	92.0	93.0	94.0	93.0	93.0	91.0	92.0	92.0	87.0	82.0	86.0	89.0	1084.0	90.3
2002	92.0	94.0	92.0	91.0	91.0	90.0	88.0	81.0	86.0	87.0	89.0	93.0	1074.0	89.5
2003	96.0	96.0	93.0	95.0	94.0	92.0	86.0	84.0	83.0	85.0	85.0	89.0	1078.0	89.8
2004	93.0	94.0	95.0	94.0	93.0	90.0	86.0	84.0	86.0	86.0	86.0	88.0	1075.0	89.6
2005	90.0	95.0	94.0	93.0	90.0	88.0	84.0	83.0	83.0	83.0	77.0	87.0	1047.0	87.3
2006	92.0	97.0	94.0	91.0	87.0	85.0	82.0	80.0	84.0	78.0	84.0	90.0	1044.0	87.0
2007	94.0	92.0	95.0	95.0	89.0	87.0	85.0	83.0	84.5	81.0	85.5	90.0	1061.0	88.4
2008	96.0	96.0	94.0	93.0	91.0	89.0	88.0	86.0	85.0	84.0	87.0	90.0	1079.0	89.9
2009	96.0	96.0	96.0	95.0	91.0	85.0	82.0	83.0	83.0	86.0	86.0	91.0	1070.0	89.2
2010	95.0	95.0	95.0	95.5	89.0	88.0	88.0	79.0	83.0	83.0	80.0	88.0	1058.5	88.2
2011	94.0	95.0	91.0	96.0	86.0	88.0	84.0	80.0	81.0	84.0	85.7	96.0	1060.7	88.4
2012	97.0	97.0	95.0	95.0	88.0	88.0	80.0	81.0	82.0	85.0	81.0	92.0	1061.0	88.4
SUMA	2130.0	2158.0	2142.0	2131.5	2082.0	2030.0	1979.0	1952.0	1974.5	1974.0	1976.2	2070.0	24599.2	2049.9
MAX	97.0	97.0	96.0	96.0	95.0	93.0	94.0	95.0	94.0	95.0	94.0	96.0	1127.0	93.9
MED	92.6	93.8	93.1	92.7	90.5	88.3	86.0	84.9	85.8	85.8	85.9	90.0	1069.5	89.1
MIN	83.0	86.0	84.0	87.0	86.0	78.0	79.0	79.0	81.0	78.0	77.0	86.0	1009.0	84.1

Humedad Relativa-Zaruma.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	92.0	87.0	91.0	93.0	90.0	90.0	85.0	79.0	80.0	83.0	82.0	83.0	1035.0	86.3
1991	88.0	89.0	89.0	91.0	91.0	88.0	84.0	78.0	80.0	82.0	83.0	89.0	1032.0	86.0
1992	92.0	92.0	92.0	92.0	91.0	90.0	86.0	84.0	89.0	83.0	85.0	90.0	1066.0	88.8
1993	90.0	92.0	91.0	92.0	92.0	89.0	86.0	83.0	82.0	84.0	86.0	89.0	1056.0	88.0
1994	94.0	96.0	97.0	97.0	93.0	89.0	83.0	80.0	77.0	79.0	85.0	90.0	1060.0	88.3
1995	94.0	97.0	93.0	94.0	96.0	90.0	85.0	78.0	73.0	81.0	86.0	89.0	1056.0	88.0
1996	95.0	93.0	96.0	95.0	94.0	90.0	89.0	92.0	82.0	79.0	75.0	81.0	1061.0	88.4
1997	91.0	94.0	94.0	93.0	92.0	92.0	85.0	85.0	89.0	88.0	90.0	89.0	1082.0	90.2
1998	89.0	90.0	92.0	94.0	91.0	89.0	86.0	88.0	87.0	89.0	87.0	92.0	1074.0	89.5

1999	90.0	91.0	89.0	92.0	91.0	91.0	91.0	90.0	92.0	90.0	85.0	92.0	1084.0	90.3
2000	94.0	96.0	95.0	95.0	95.0	94.0	88.0	85.0	88.0	85.0	79.0	87.0	1081.0	90.1
2001	90.0	93.0	95.0	95.0	94.0	90.0	86.0	79.0	85.0	87.0	90.0	93.0	1077.0	89.8
2002	94.0	94.0	94.0	95.0	96.0	93.0	91.0	92.0	91.0	93.0	93.0	95.0	1121.0	93.4
2003	95.0	93.0	95.0	96.0	96.0	96.0	94.0	92.0	91.0	93.0	93.0	95.0	1129.0	94.1
2004	95.0	96.0	97.0	97.0	96.0	97.0	95.0	94.0	95.0	94.0	94.0	95.0	1145.0	95.4
2005	96.0	96.0	96.0	96.0	95.0	94.0	92.0	92.0	84.0	82.0	83.0	88.0	1094.0	91.2
2006	90.0	92.0	92.0	92.0	90.0	90.0	88.0	86.0	85.0	85.0	87.0	92.0	1069.0	89.1
2007	93.0	94.0	93.0	92.0	92.0	87.0	85.0	82.0	81.0	81.0	84.0	85.0	1049.0	87.4
2008	92.0	91.0	90.0	89.0	90.0	90.0	89.0	86.0	83.0	84.0	86.0	86.0	1056.0	88.0
2009	91.0	90.0	90.0	88.0	89.0	88.0	92.0	82.0	83.5	83.0	82.0	89.0	1047.5	87.3
2010	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	93.0	95.0	86.0	84.0	81.0	83.0	88.5	1070.5	89.2
2011	91.0	90.0	86.0	89.0	87.0	87.0	85.0	80.0	79.0	77.0	81.0	88.0	1020.0	85.0
2012	90.0	93.0	91.0	88.0	89.0	88.0	91.0	82.0	82.0	84.0	82.0	91.0	1051.0	87.6
SUMA	2118.0	2038.0	2039.0	2049.0	2033.0	1997.0	1940.0	1873.0	1860.5	1863.0	1879.0	1965.5	23655.0	1971.3
MAX	96.0	97.0	97.0	97.0	96.0	97.0	95.0	94.0	95.0	94.0	94.0	95.0	1145.0	95.4
MED	92.1	92.7	92.6	92.9	92.3	90.7	88.3	85.0	84.5	84.7	85.3	89.4	1070.3	89.2
MIN	88.0	87.0	86.0	88.0	87.0	87.0	83.0	78.0	73.0	77.0	75.0	81.0	1020.0	85.0

Humedad Relativa-Nambacola (COLEGIO AGRO.CUEVA).

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
2005	75.0	78.0	84.0	82.0	76.0	75.0	61.0	61.0	66.0	70.0	66	68	862.0	71.8
2006	73.0	78.0	82.0	79.0	72.0	74.0	69.0	63.0	65.5	72.0	72.5	72.5	872.5	72.7
2007	76.0	82.0	92.0	93.0	80.0	71	66	65	65	74	79.0	77.0	920.0	76.7
2008	78.0	83.0	83.0	82.0	82.0	77.0	75.0	74.0	71.0	74.0	75	77.0	931.0	77.6
2009	82.0	81.0	81.0	77.0	78.0	77.0	75.0	76.0	75.0	76.0	77.0	73.0	928.0	77.3
2010	73.0	74.0	72.0	71.0	70.0	70.0	69.0	71.0	68.0	69.0	72.0	75.0	854.0	71.2
2011	73.0	76.0	75.0	79.0	76.0	67.0	67.0	59.0	63.0	65.0	70.0	74.0	844.0	70.3
SUMA	530.0	552.0	569.0	563.0	534.0	511.0	482.0	469.0	473.5	500.0	511.5	516.5	6211.5	517.6
MAX	82.0	83.0	92.0	93.0	82.0	77.0	75.0	76.0	75.0	76.0	79.0	77.0	931.0	77.6
MED	75.7	78.9	81.3	80.4	76.3	73.0	68.9	67.0	67.6	71.4	73.1	73.8	887.4	73.9
MIN	73.0	74.0	72.0	71.0	70.0	67.0	61.0	59.0	63.0	65.0	66.0	68.0	844.0	70.3

Humedad Relativa Cariamanga.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	84.0	86.0	86.0	87.0	86.0	84.0	83.0	86.0	86.0	89.0	89.0	87.0	1033.0	86.1
1991	90.0	89.0	89.0	86.0	89.0	90.0	89.0	86.0	87.0	88.0	83.0	90.0	1056.0	88.0
1992	90.0	88.0	87.0	87.0	82.0	71.0	64.0	70.0	90.0	83.0	85.0	85.0	982.0	81.8
1993	91.0	96.0	97.0	96.0	96.0	93.0	96.0	94.0	93.0	95.0	96.0	96.0	1139.0	94.9
1994	97.0	96.0	96.0	96.0	95.0	75.0	73.0	71.0	73.0	73.0	80.0	83.0	1008.0	84.0
1995	84.0	88.0	91.0	84.0	83.0	80.0	80.0	79.0	78.0	80.0	82.0	81.0	990.0	82.5
1996	86.0	85.0	87.0	90.0	88.0	86.0	81.0	79.0	83.0	87.0	83.0	82.0	1017.0	84.8
1997	82.0	84.0	83.0	85.0	79.0	83.0	81.0	81.0	84.0	86.0	87.0	86.0	1066.0	88.8
1998	89.0	87.0	89.0	91.0	89.0	88.0	86.0	88.0	89.0	90.0	90.0	90.0	1066.0	88.8
1999	90.0	93.0	91.0	91.0	91.0	91.0	84.0	87.0	89.0	91.0	93.0	91.0	1082.0	90.2
2000	91.0	91.0	92.0	94.0	95.0	96.0	91.0	92.0	94.0	89.0	78.0	86.0	1089.0	90.8

2001	89.0	89.0	89.0	87.0	88.0	87.0	88.0	86.0	87.0	81.0	84.0	84.0	1039.0	86.6
2002	84.0	88.0	87.0	86.0	84.0	83.0	80.0	73.0	72.0	78.0	82.0	84.0	981.0	81.8
2003	84.0	85.0	86.0	87.0	84.0	82.0	77.0	78.0	82.0	83.0	85.0	87.0	1000.0	83.3
2004	86.0	87.0	87.0	87.0	86.0	82.0	83.0	82.0	83.0	83.0	86.0	84.0	1016.0	84.7
2005	86.0	90.0	89.0	87.0	86.0	83.0	81.0	81.0	73.0	80.0	80.0	82.0	998.0	83.2
2006	81.0	95.0	85.0	87.0	80.0	82.0	81.0	81.0	80.0	78.0	82.0	84.0	996.0	83.0
2007	84.0	84.0	84.0	86.0	84.0	84.0	82.0	79.0	82.0	84.0	84.0	87.0	1004.0	83.7
2008	86.0	88.0	87.0	88.0	87.0	87.0	86.0	84.0	81.0	84.0	86.0	85.0	1029.0	85.8
2009	89.0	89.0	88.0	88.0	89.0	88.0	89.0	89.0	89.0	90.0	90.0	88.0	1066.0	88.8
2010	90.0	89.0	89.0	89.0	89.0	88.0	88.0	87.0	89.0	88.0	88.0	88.0	1062.0	88.5
2011	88.0	89.0	86.0	89.0	89.0	87.0	87.0	85.0	85.0	85.0	86.0	87.0	1043.0	86.9
2012	89.0	88.0	88.0	87.0	88.0	87.0	88.0	88.0	89.0	88.0	86.0	85.0	1051.0	87.6
SUMA	2010.0	2044.0	2033.0	2035.0	2007.0	1957.0	1918.0	1906.0	1938.0	1953.0	1965.0	1982.0	23748.0	1979.0
MAX	97.0	96.0	97.0	96.0	96.0	96.0	96.0	94.0	94.0	95.0	96.0	96.0	1139.0	94.9
MED	87.4	88.9	88.4	88.5	87.3	85.1	83.4	82.9	84.3	84.9	85.4	86.2	1035.3	86.3
MIN	81.0	84.0	83.0	84.0	79.0	71.0	64.0	70.0	72.0	73.0	78.0	81.0	981.0	81.8

Humedad Relativa-La Argelia.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	77.0	78.0	80.0	80.0	74.0	78.0	74.0	72.0	74.0	76.0	76.0	76.0	915.0	76.3
1991	76.0	77.0	78.0	76.0	77.0	73.0	70.0	69.0	68.0	70.0	72.0	72.0	878.0	73.2
1992	74.0	75.0	75.0	76.0	77.0	76.0	72.0	67.0	73.0	71.0	74.0	76.0	886.0	73.8
1993	76.2	76.0	78.0	76.0	74.0	73.0	73.0	70.0	73.0	74.0	73.0	76.0	892.2	74.4
1994	78.0	77.0	76.0	75.0	76.0	76.0	74.0	72.0	74.0	72.0	77.0	77.0	904.0	75.3
1995	78.0	75.0	77.0	78.0	77.0	73.0	73.0	67.0	69.0	73.0	79.0	77.0	896.0	74.7
1996	78.0	79.0	79.0	76.0	75.0	74.0	72.0	74.0	71.0	73.0	70.0	74.0	895.0	74.6
1997	77.0	78.0	75.0	76.0	74.0	71.0	71.0	71.0	71.0	70.0	74.0	78.9	886.9	73.9
1998	76.0	74.0	76.0	77.0	73.0	72.0	73.0	70.0	69.0	75.0	76.0	71.0	882.0	73.5
1999	76.0	80.0	76.0	76.0	76.0	76.0	73.0	70.0	75.0	72.0	73.0	81.0	904.0	75.3
2000	78.0	79.0	78.0	78.0	78.0	78.0	74.0	72.0	75.0	71.0	69.0	74.0	904.0	75.3
2001	74.0	79.0	75.0	76.0	75.0	75.0	77.0	72.0	73.0	71.0	75.0	74.0	896.0	74.7
2002	79.0	79.0	75.0	78.0	75.0	73.0	77.0	69.0	69.0	73.0	76.0	74.0	897.0	74.8
2003	77.0	79.0	79.0	77.0	78.0	77.0	73.0	69.0	70.0	72.0	73.0	77.0	901.0	75.1
2004	73.0	74.0	79.0	76.0	76.0	77.0	76.0	69.0	71.0	74.0	75.0	75.0	895.0	74.6
2005	73.0	77.0	77.0	76.0	73.0	75.0	67.0	67.0	67.0	72.0	69.0	76.0	869.0	72.4
2006	75.0	77.0	76.0	74.0	72.0	71.0	69.0	67.0	69.0	70.0	74.0	74.0	868.0	72.3
2007	74.0	75.0	76.0	75.0	78.0	81.0	74.0	75.0	74.0	74.0	77.0	74.0	907.0	75.6
2008	77.0	79.0	75.0	77.0	75.0	71.0	75.0	72.0	71.0	73.0	74.0	74.0	893.0	74.4
2009	76.0	76.0	74.0	74.0	72.0	72.0	75.0	75.0	75.0	74.0	74.0	75.0	892.0	74.3
2010	78.0	78.0	76.0	77.0	78.0	78.0	73.0	69.0	71.0	72.0	76.0	78.0	904.0	75.3
2011	77.0	80.0	78.0	79.0	76.0	77.0	77.0	69.0	74.0	73.0	76.0	79.0	915.0	76.3
2012	79.0	80.0	79.0	78.0	77.0	76.0	73.0	66.0	67.0	75.0	76.0	77.0	903.0	75.3
SUMA	1756.2	1781.0	1767.0	1761.0	1736.0	1723.0	1685.0	1613.0	1643.0	1670.0	1708.0	1739.9	20583.1	1715.3
MAX	79.0	80.0	80.0	80.0	78.0	81.0	77.0	75.0	75.0	76.0	79.0	81.0	915.0	76.3
MED	76.4	77.4	76.8	76.6	75.5	74.9	73.3	70.1	71.4	72.6	74.3	75.6	894.9	74.6
MIN	73.0	74.0	74.0	74.0	72.0	71.0	67.0	66.0	67.0	70.0	69.0	71.0	868.0	72.3

Humedad Relativa-Malacatos.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	93.0	95.0	95.0	93.0	92.0	92.0	91.0	93.0	93.0	92.0	87.0	92.0	1108.0	92.3
1991	91.0	91.0	92.0	91.0	91.0	92.0	91.0	93.0	91.0	92.0	91.0	92.0	1098.0	91.5
1992	92.0	93.0	93.5	92.0	91.5	92.5	92.0	90.0	91.5	93.0	91.0	91.5	1103.5	92.0
1993	93.0	93.0	95.0	93.0	92.0	93.0	93.0	91.0	92.0	92.0	91.0	91.0	1109.0	92.4
1994	91.0	92.0	91.0	92.0	92.0	92.0	90.0	93.0	91.0	91.0	91.0	90.0	1096.0	91.3
1995	91.0	91.0	90.0	91.0	90.0	92.0	91.0	91.0	92.0	91.0	92.0	93.0	1095.0	91.3
1996	89.0	92.0	89.0	91.0	90.0	91.0	91.0	91.0	90.0	91.0	89.0	91.0	1085.0	90.4
1997	92.0	90.0	88.0	89.0	91.0	90.0	90.0	88.0	89.0	91.0	90.0	87.0	1075.0	89.6
1998	87.0	89.0	89.0	89.0	92.0	88.0	88.0	89.0	87.0	91.0	92.0	90.0	1071.0	89.3
1999	88.0	88.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5	90.0	91.5	93.0	91.0	1085.0	90.4
2000	89.0	88.0	92.0	92.0	89.0	93.0	93.0	92.0	93.0	92.0	94.0	92.0	1099.0	91.6
2001	90.0	89.0	91.0	90.0	88.0	89.0	88.0	91.0	89.0	92.0	90.0	93.0	1080.0	90.0
2002	90.0	92.0	87.0	89.0	90.0	92.0	88.0	90.0	88.0	91.0	90.0	93.0	1080.0	90.0
2003	89.0	90.0	91.0	91.0	90.0	92.0	89.0	92.0	90.0	89.0	91.0	90.0	1084.0	90.3
2004	91.0	93.0	90.0	91.0	91.0	92.0	93.0	91.0	93.0	92.0	94.0	93.0	1104.0	92.0
2005	92.0	93.0	95.0	93.0	94.0	93.0	93.0	93.0	92.0	91.0	92.0	93.0	1114.0	92.8
2006	93.0	93.0	94.0	93.0	92.0	93.0	93.0	92.0	69.0	53.0	51.0	55.0	971.0	80.9
2007	57.0	61.0	63.0	64.0	71.0	73.0	74.0	70.0	70.0	71.0	73.0	73.0	820.0	68.3
2008	76.0	77.0	74.0	75.0	76.0	79.0	78.0	77.0	77.0	75.0	76.0	78.0	918.0	76.5
2009	78	78	77	77	78	78	79	83	82	83	83	84	960.0	80.0
2010	81	81	82	81	83	83	82	82	81	81	81	82	980.0	81.7
2011	82	80	81	82	83	83	81	81	81	81	82	82	979.0	81.6
2012	81	83	83	83	81	82	81	82	81	82	83.0	81	983.0	81.9
SUMA	1996.0	2012.5	2013.0	2012.5	2018.0	2035.0	2019.5	2025.5	1992.5	1988.5	1987.0	1997.5	24097.5	2008.1
MAX	93.0	95.0	95.0	93.0	94.0	93.0	93.0	93.0	93.0	93.0	94.0	93.0	1114.0	92.8
MED	86.8	87.5	87.5	87.5	87.7	88.5	87.8	88.1	86.6	86.5	86.4	86.8	1047.7	87.3
MIN	57.0	61.0	63.0	64.0	71.0	73.0	74.0	70.0	69.0	53.0	51.0	55.0	820.0	68.3

Humedad Relativa-Amaluza.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	76.0	77.0	76.0	79.0	77.0	78.0	78.0	77.0	77.0	78.0	80.0	77.0	930.0	77.5
1991	80.0	80.0	83.0	78.0	79.0	75.0	76.0	76.0	75.0	77.0	76.0	77.0	932.0	77.7
1992	77.0	77.0	79.0	79.0	76.0	77.0	75.0	77.0	77.0	77.0	78.0	76.0	925.0	77.1
1993	80.0	80.0	80.0	80.0	79.0	77.0	78.0	78.0	78.0	77.0	78.0	79.0	944.0	78.7
1994	79.0	79.0	80.0	80.0	79.0	78.0	78.0	79.0	78.0	80.0	81.0	82.0	953.0	79.4
1995	81.0	80.0	79.0	83.0	82.0	83.0	81.0	84.0	81.0	83.0	85.0	86.0	988.0	82.3
1996	78.0	79.5	80.0	79.0	79.0	80.0	79.5	82.0	80.5	84.0	88.5	85.5	975.5	81.3
1997	75.0	79.0	81.0	75.0	76.0	77.0	78.0	80.0	80.0	85.0	92.0	85.0	963.0	80.3
1998	83.0	85.0	90.0	91.0	85.0	88.0	90.0	86.0	87.0	88.0	88.0	90.0	1051.0	87.6
1999	91.0	90.0	93.0	93.0	92.0	91.0	87.0	89.0	90.0	84.0	89.0	89.0	1078.0	89.8
2000	86.5	94.0	86.5	86.5	85.5	87.0	84.0	78.0	79.0	74.5	78.0	81.0	1000.5	83.4
2001	82.0	85.5	80.0	80.0	79.0	83.0	81.0	67.0	68.0	65.0	67.0	73.0	910.5	75.9
2002	68.0	77.0	76.0	79.0	77.0	71.0	65.0	65.0	66.0	74.0	77.0	81.0	876.0	73.0
2003	78.0	79.0	82.0	84.0	72.0	73.0	71.0	64.0	68.0	72.0	72.0	74.0	889.0	74.1
2004	75.0	75.0	74.0	78.0	74.0	72.0	70.0	68.0	74.0	76.0	75.0	76.0	887.0	73.9
2005	75.0	78.0	80.0	75.0	70.0	69.0	68.0	65.0	69.0	72.0	66.0	76.0	863.0	71.9
2006	78.0	82.0	82.0	76.0	77.0	77.0	77.0	76.0	78.0	78.0	81.0	85.0	947.0	78.9

2007	83.0	82.0	85.0	86.0	83.0	79.0	65.0	68.0	69.0	77.0	81.0	76.0	934.0	77.8
2008	84.0	84.0	80.0	83.0	78.0	69.0	70.0	65.0	69.0	73.0	72.0	67.0	894.0	74.5
2009	82.0	79.0	73.0	72.0	65.0	63.0	66.0	61.0	65.0	69.0	71.0	76.0	842.0	70.2
2010	78.0	83.0	70.0	76.0	74.0	70.0	67.0	70.0	68.0	64.0	67.0	75.0	862.0	71.8
2011	78.0	76.0	68.0	77.0	74.0	67.0	69.0	58.0	70.0	68.0	65.0	79.0	849.0	70.8
2012	84.0	78.0	61.0	64.0	61.0	64.0	65.0	61.0	58.0	67.0	71.0	65.0	799.0	66.6
SUMA	1831.5	1859.0	1818.5	1833.5	1773.5	1748.0	1718.5	1674.0	1704.5	1742.5	1778.5	1810.5	21292.5	1774.4
MAX	91.0	94.0	93.0	93.0	92.0	91.0	90.0	89.0	90.0	88.0	92.0	90.0	1078.0	89.8
MED	79.6	80.8	79.1	79.7	77.1	76.0	74.7	72.8	74.1	75.8	77.3	78.7	925.8	77.1
MIN	68.0	75.0	61.0	64.0	61.0	63.0	65.0	58.0	58.0	64.0	65.0	65.0	799.0	66.6

Humedad Relativa-Yangana.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1990	89.0	87.0	88.0	89.0	89.0	88.0	89.0	82.0	80.0	84.0	85.0	87.0	948.0	86.2
1991	85.0	85.0	85.0	86.0	86.0	87.0	90.0	92.0	91.0	90.0	87.0	88.0	1052.0	87.7
1992	88.0	89.0	93.0	90.0	90.0	91.0	93.0	91.0	91.0	93.0	91.0	90.0	1090.0	90.8
1993	90.0	92.0	93.0	91.0	90.0	93.0	92.0	92.0	92.0	89.0	91.0	90.0	1095.0	91.3
1994	90.0	92.0	92.0	93.0	93.0	94.0	94.0	94.0	93.0	91.0	92.0	93.0	1111.0	92.6
1995	93.0	91.0	91.0	91.0	91.0	92.0	90.0	93.0	94.0	91.0	92.0	91.0	1100.0	91.7
1996	92.0	92.0	92.0	91.0	90.0	92.0	95.0	94.0	97.0	93.0	93.0	92.0	1113.0	92.8
1997	91.0	94.0	94.0	93.0	91.0	91.0	94.0	91.0	93.0	95.0	92.0	95.0	1114.0	92.8
1998	92.0	92.0	93.0	93.0	95.0	93.0	95.0	94.0	95.0	93.0	93.0	94.0	1122.0	93.5
1999	93.0	95.0	94.0	94.0	94.0	94.0	95.0	96.0	95.0	93.0	92.0	95.0	1130.0	94.2
2000	93.0	94.0	95.0	95.0	94.0	94.0	95.0	95.0	93.0	95.0	94.0	93.0	1130.0	94.2
2001	95.0	96.0	93.0	94.0	94.0	96.0	95.0	96.0	95.0	95.0	95.0	95.0	1139.0	94.9
2002	95.0	96.0	94.5	95.0	95.0	96.0	96.0	97.0	95.5	96.0	96.0	95.0	1147.0	95.6
2003	95.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	97.0	95.0	96.0	97.0	94.0	96.0	1150.0	95.8
2004	96.0	97.0	93.0	91.0	90.0	93.0	92.0	92.0	97.0	96.0	95.0	95.0	1127.0	93.9
2005	90.0	92.5	92.0	88.5	91.0	92.0	88.0	88.0	90.0	90.0	76.0	84.0	1062.0	88.5
2006	84.0	88.0	91.0	86.0	92.0	91.0	84.0	84.0	83.0	85.0	84.0	87.0	1039.0	86.6
2007	86.0	87.0	86.0	89.0	83.0	82.0	80.0	81.0	82.0	83.0	86.0	86.0	1011.0	84.3
2008	88.0	88.0	90.0	88.0	84.0	83.0	84.0	84.0	83.0	83.0	85.0	87.0	1027.0	85.6
2009	90.0	88.0	89.0	88.0	84.0	81.0	83.0	82.0	78.0	79.0	82.0	84.0	1008.0	84.0
2010	86.0	83.0	82.0	84.0	84.0	83.0	82.0	83.0	81.0	83.0	86.0	89.0	1006.0	83.8
2011	88.0	88.0	89.0	91.0	87.0	88.0	90.0	85.0	88.0	90.0	91.0	94.0	1069.0	89.1
2012	91.0	93.0	91.0	89.0	87.0	89.0	83.0	85.0	88.0	89.0	90.0	90.0	1065.0	88.8
SUMA	2080.0	2095.5	2096.5	2085.5	2070.0	2079.0	2076.0	2066.0	2070.5	2073.0	2062.0	2090.0	24944.0	2078.7
MAX	96.0	97.0	96.0	96.0	96.0	96.0	97.0	97.0	97.0	97.0	96.0	96.0	1150.0	95.8
MED	90.4	91.1	91.2	90.7	90.0	90.4	90.3	89.8	90.0	90.1	89.7	90.9	1080.7	90.4
MIN	84.0	83.0	82.0	84.0	83.0	81.0	80.0	81.0	78.0	79.0	76.0	84.0	948.0	83.8

Humedad Relativa-Saraguro.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total	Media
1990	83.0	77.0	76.0	74.0	75.0	72.0	72.0	70.0	68.0	70.0	70.0	75.0	882.0	73.5
1991	90.0	87.0	86.5	84.0	84.0	91.0	85.0	84.0	83.0	96.0	84.0	86.5	1041.0	86.8
1992	97.0	97.0	97.0	97.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	1172.0	97.7
1993	97.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	96.0	96.0	94.0	1167.0	97.3
1994	77.0	84.0	79.0	82.0	80.0	75.0	72.0	72.0	75.0	83.0	78.0	82.0	939.0	78.3

1995	82.0	80.0	80.0	80.0	82.0	81.0	77.0	74.0	72.0	72.0	76.0	75.0	931.0	77.6
1996	79.0	83.0	80.0	78.0	79.0	79.0	87.0	80.0	69.0	75.0	71.0	78.0	938.0	78.2
1997	82.0	84.0	82.0	82.0	80.0	74.0	68.0	73.0	74.0	75.0	83.0	79.0	936.0	78.0
1998	85.0	83.0	82.0	82.0	80.0	75.0	73.0	70.0	72.0	75.0	77.0	68.0	922.0	76.8
1999	80.0	85.0	81.0	75.0	78.0	74.0	72.0	71.0	72.0	70.0	71.0	84.0	913.0	76.1
2000	80.0	81.0	83.0	77.0	78.0	74.0	72.0	72.0	75.0	71.0	74.0	80.0	917.0	76.4
2001	79.0	77.0	76.0	74.0	75.0	72.0	72.0	70.0	68.0	70.0	70.0	75.0	878.0	73.2
2002	75.0	78.0	77.0	78.0	77.0	73.0	75.0	73.0	69.0	72.0	77.0	82.0	906.0	75.5
2003	79.0	78.0	78.0	83.0	83.0	79.0	78.0	71.0	70.0	73.0	71.0	77.0	920.0	76.7
2004	76.0	74.0	74.0	75.0	74.0	76.0	71.0	71.0	76.0	81.0	80.0	81.0	909.0	75.8
2005	79.0	83.0	85.0	79.0	76.0	74.0	70.0	72.0	73.0	77.0	64.0	81.0	913.0	76.1
2006	80.0	85.0	86.0	84.0	74.0	77.0	71.0	69.0	70.0	72.0	79.0	81.0	928.0	77.3
2007	78.0	81.0	80.0	80.0	81.0	77.0	74.0	72.0	73.0	77.0	81.0	76.0	930.0	77.5
2008	75.0	85.0	84.0	86.0	84.0	81.0	83.0	82.0	80.0	74.0	89.0	92.0	995.0	82.9
2009	93.0	95.0	94.0	94.0	94.0	95.0	95.0	96.0	95.0	96.0	96.0	97.0	1140.0	95.0
2010	97.0	96.0	96.0	96.0	95.0	95.0	96.0	95.0	95.0	96.0	96.0	97.0	1150.0	95.8
2011	94.0	87.0	91.0	92.0	91.0	84.0	92.0	85.0	74.0	94.0	94.0	90.0	1068.0	89.0
2012	91.0	89.0	88.0	82.0	89.0	88.0	89.0	91.0	83.0	88.0	87.0	92.0	1057.0	88.1
SUMA	1837.0	1858.0	1845.5	1830.0	1816.0	1774.0	1751.0	1718.0	1699.0	1763.0	1775.0	1828.5	21495.0	3306.9
MAX	97.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	1172.0	97.7
MED	83.8	84.7	84.1	83.1	82.8	81.0	80.0	78.7	77.5	80.5	81.0	83.5	980.5	81.7
MIN	75.0	74.0	74.0	74.0	74.0	72.0	68.0	69.0	68.0	70.0	64.0	68.0	878.0	73.2

Anexo 3. Tabla de radiación solar extraterrestre

LATITUD SUR	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
00"	15.00	15.51	15.68	15.26	14.41	13.9	14.07	14.75	15.34	15.42	15.09	14.83
02"	15.27	15.66	15.65	15.05	14.08	13.51	13.73	14.5	15.24	15.5	15.31	15.12
04"	15.54	15.81	15.62	14.85	13.76	13.15	13.39	14.25	15.13	15.59	15.53	15.41
06"	15.81	15.96	15.58	14.65	13.44	12.77	13.05	13.99	15.03	15.67	15.75	15.99
08"	16.08	16.11	15.54	14.44	13.12	12.4	12.71	13.73	14.93	15.76	15.97	16.27
10"	16.36	16.27	15.51	14.24	12.8	12.03	12.37	13.48	14.83	15.85	16.19	16.49

Fuente: Organización de las naciones unidad para la alimentación y agricultura (FAO)

Anexo 4. Porcentaje medio diaria de horas de sol.

LATITUD SUR	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
00"	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
05"	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

Fuente: Organización de las naciones unidad para la alimentación y agricultura (FAO)

Anexo 5. Estaciones meteorológicas convencionales de la provincia de Loja.

código	Nombre	coordenadas		Tipo de estación	m.s.n.m	Estado
		X	Y			
M0142	Saraguro	695925	9600208	CO	2525	Activa
M0143	Malacatos	691652	9533403	CO	1453	Activa
M0145	Quinara Inamhi	694711	9522583	CO	1559	Activa
M0148	Celica	616149	9545853	CO	1904	Activa
M0149	Gonzanama	673885	9531875	PV	2042	Activa
M0151	Zapotillo	584481	9515181	AU, CO	223	Activa
M0232	Puente Puyango	602051	9568410	CO	305	Activa
M0432	San Lucas Inamhi	692844	9586943	PV	2525	Activa
M0433	El Lucero Inamhi	669345	9513147	PV	1180	Activa
M0434	Sozoranga Inamhi	634151	9521504	PV	1427	Activa
M0435	Alamor	607680	9555383	PV	1250	Activa
M0437	Saucillo (En Alamor)	588685	9526416	PV	328	Activa
M0438	Jimbura	670031	9487897	PV	2100	Activa
M0439	Sabiango Inamhi	631771	9517484	PV	700	Activa
M0515	Catacocha	650235	9551207	PV	1808	Activa
M0542	El Cisne	674428	9573678	PV	2218	Activa
M0543	Cajanuma	698995	9548378	PV	2267	Activa
M0544	Colaisaca	644789	9522377	PV	2410	Activa
M0755	Chaguarguayco	576225	9555630	PV	290	Activa
M0757	El Limo	596891	9559295	PV	1150	Activa
M0758	El Prado(Guayquichuma)	659656	9577144	PV	850	Activa
M0759	El Tambo-Loja	688478	9549169	PV	1580	Activa
M0760	Lauro Guerrero	637574	9560932	PV	1910	Activa
M0762	Mercadillo	612460	9555285	PV	1125	Activa
M0763	Nambacola	673596	9541796	CO	1822	Activa
M0765	Sabanilla-Predesur	598318	9539272	PV	733	Activa
M0768	Sozoranga Predesur	634151	9521504	PV	1427	Activa
M0770	Orianga	625525	9569241	PV	1140	Activa
M1159	Cañaverl	565729	9539917	PV	720	Activa
M1161	Celen	684725	9602010	PV	2760	Activa
M1164	Mangahurquillo	578193	9548382	PV	280	Activa
M1165	Mater	703419	9596906	PV	2800	Activa
M1166	Paletillas	577846	9539600	CO	480	Activa
M1167	Sabadel	671367	9605105	PV	3600	Activa

M1169	Santa Rufina	637594	9574476	PV	920	Activa
M1213	Pozul Colegio Agrop.Rodriguez	604461	9544731	CO	1739	Activa
M1214	Nambacola-Colegio Agrop.Cueva	673905	9542195	CP	1835	Activa
M0060	La Toma-Catamayo	680630	9558124	AR	1230	Inactiva
M0065	Macara Aeropuerto	617496	9516032	AR	427	Inactiva
M0152	Zapotepamba	636729	9552764	CO	940	Inactiva
M0237	Macara Inerhi	616261	9515051	CO	430	Inactiva
M0240	Las Cochas	660106	9551835	CO	1350	Inactiva
M0584	Las Juntas Pucala	697962	9569792	PV	2050	Inactiva
M0750	Amaluza Predesur	675405	9492831	PV	1720	Inactiva
M0751	Buenavista	642708	9569831	PV	1020	Inactiva
M0752	Cazaderos	558027	9548274	PV	290	Inactiva
M0753	Ciano	615095	9565569	PV	1470	Inactiva
M0754	Chaguarpamba	615095	9565569	PV	1470	Inactiva
M0761	El Lucero Predesur	669900	9513115	PV	1300	Inactiva
M0764	Quinara (Predesur)	694711	9522583	CO	1559	Inactiva
M0766	Sabiango Predesur	631833	9517638	PV	740	Inactiva
M0767	San Lucas Predesur	692783	9587496	PV	2380	Inactiva
M0769	Utuaña	642778	9517773	PV	2410	Inactiva
M0853	Las Chinchas	668976	9561586	PV	2400	Inactiva
M1072	Jimbilla	699629	9570187	PV	2050	Inactiva
M1101	San Jose (Predesur)	667556	9577929	PV	1560	Inactiva
M1102	Achiote (Predesur)	652432	9574422	PV	1060	Inactiva
M1103	Zambi (Predesur)	662385	9567280	PV	1450	Inactiva
M1129	Mangahurco	563540	9540072	CO	355	Inactiva
M1162	Gualel	680555	9583127	PV	2480	Inactiva
M1259	Macara	617063	9516923	CO	544	Activa

CO: climatológica ordinaria, PV: pluviométrica, AU: automática, AR: aeronáutica

anexo 6. Estaciones meteorológicas automáticas de la provincia de Loja

código	Nombre	coordenadas		m.s.n.m	Estado
		X	Y		
M0033	Loja-la Argelia	699464	9553507	2174 m	Activa
M0151	Zapotillo	585171	9524262	1037 m	Inactiva
M1242	El Almendral	633755	9552910	227 m	Activa
M0144	Vilcabamba	697711	9528770	1558 m	Inactiva
M0147	Yangana	702481	9516977	1879 m	Activa

M0146	Cariamanga	660441	9520882	1979 m	Activa
M0756	Changaimina	663873	9533582	1976 m	Inactiva
M0150	Amaluza (Otavalo)	674129	9493053	1680 m	Activa
M1128	El Ingenio	674009	9511870	1217 m	Activa
M0241	Quilanga	677263	9525256	1935 m	Inactiva
M1247	Chuquiribamba	684140	9574901	2684 m	Activa

anexo 7. Estaciones meteorológicas activas en la provincia de Loja

CÓDIGO	NOMBRE	VARIABLES							
		PP	periodo	T	periodo	HR	periodo	WSPD	periodo
M0142	Saraguro	✓	1990- 2012	✓	1990- 2012	✓	1990-2012	x	
M0143	Malacatos	✓	1990- 2012	✓	1990- 2012	✓	1990-2012	x	
M0145	Quinara Inamhi	✓	1990- 2012	✓	1990- 2012	x		x	
M0148	Celica	✓	1990- 2012	✓	1990- 2012	✓	1990-2012	x	
M0149	Gonzanama	✓	1990- 2012	✓	1990- 2000	✓	1990-2001	x	
M0151	Zapotillo	✓	1990- 2008	✓	1990- 2012	✓	1990-2008	x	
M0432	San Lucas Inamhi	✓	1990- 2012	x		x		x	
M0433	El Lucero Inamhi	✓	1990- 2012	x		x		x	
M0434	Sozoranga Inamhi	✓	1990- 2012	x		x		x	
M0435	Alamor	✓	1990- 2012	x		x		x	
M0437	Saucillo (En Alamor)	✓	1990- 2012	x		x		x	
M0438	Jimbura	✓	1990- 2012	x		x		x	
M0439	Sabiango Inamhi	✓	1990- 2010	x		x		x	
M0515	Catacocha	✓	1990- 2012	x		x		x	
M0542	El Cisne	✓	1990- 2008	x		x		x	

M0543	Cajanuma	✓	1990-2007	x		x			x
M0544	Colaisaca	✓	1990-2012	x		x			x
M0758	El Prado(Guayquichuma)	✓	1990-2005	x		x			x
M0759	El Tambo-Loja	✓	1990-2007	x		x			x
M0760	Lauro Guerrero	✓	1990-2005	x		x			x
M0762	Mercadillo	✓	1990-2007	x		x			x
M1214	Nambacola-Colegio Agrop.Cueva	✓	2005-2012	✓	2005-2012	✓	2005-2012	✓	2005-2012
M0033	Loja La Argelia	✓	1990-2012	✓	1990-2012	✓	1990-2012	✓	1990-2012
M0151	Zapotillo	✓	1990-2012	✓	1990-2012	✓	1990-2008	✓	2006-2012
M0147	Yangana	✓	1990-2012	✓	1990-2012	✓	1990-2012	x	
M0146	Cariamanga	✓	1990-2012	✓	1990-2012	✓	1990-2012	x	
M0150	Amaluza (Otavalo)	✓	1990-2012	✓	1990-2012	✓	1990-2012	x	

PP: precipitación, T: temperatura, WSPD: velocidad del viento, HR: humedad relativa

Anexo 8. Visita de campo a los cantones-parroquias de la provincia de Loja.

Fotografía 1: Parroquia Yangana



Fotografía 2: Ubicación Moyococha



Fotografía 3. Mirador de los Batanes-Quilanga



Fotografía 4. Cantón Gonzanamá



Fotografía 5. Cantón Espindola – Parroquia Amaluza



Fotografía 6. Cantón Calvas – Parroquia Cariamanga



Fotografía 7. Cantón Macara



Fotografía 8. Parroquia Velacruz



Fotografía 9. Cantón Alamor



Fotografía 10. El Naranjo



Fotografía 11. Cantón Celica



Fotografía 12. Parroquia Mercadillo



Fotografía 13. Cantón Pindal



Anexo 9. Certificado de traducción.

Loja, 22 de agosto de 2023

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Doctora.

Erika Lucía González Carrión, Ph.D.

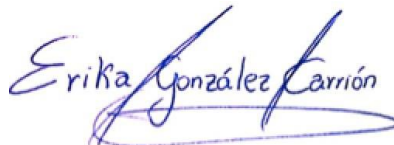
Docente de la Facultad de la Educación, el Arte y la Comunicación de la Universidad Nacional de Loja

CERTIFICO:

En mi calidad de traductora del idioma Inglés, con capacidades que pueden ser probadas a través de las traducciones realizadas para revistas de alto impacto como: Comunicar(Q1): <https://bit.ly/3v0JggL> así como a través de la Certificación de conocimiento del Inglés, nivel B2, que la traducción del Resumen (Abstract) del Trabajo de Titulación denominado: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS EMPÍRICO-SEMI-EMPÍRICO PARA ESTIMAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA PROVINCIA DE LOJA”**; de la autoría de la señorita estudiante: Luis Alfredo Moreno Romero, con CI: 1150688131, es correcta y completa, según las normas internacionales de traducción de textos.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado, señor **Luis Alfredo Moreno Romero**, hacer uso legal del presente, según estime conveniente.

Atentamente,



Dra. Erika González Carrión. PhD.

Docente de la Facultad de la Educación, el Arte y la Comunicación
Universidad Nacional de Loja