



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

**“CALIBRACIÓN DE LA TINA DE EVAPORACIÓN NO ESTANDAR PARA LA
ESTIMACIÓN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA DEL CANTÓN
SANTA ANA”**

**PREVIO AL TÍTULO DE:
INGENIERO HIDRÁULICO**

**AUTOR:
LENIN ELÍ RODRÍGUEZ YOZA**

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. JOSÉ RAMÓN ALARCÓN LOOR, M.SC.

**DICIEMBRE 2022
PORTOVIEJO – MANABI – ECUADOR**

CERTIFICACIÓN.

Ing. José Ramón Alarcón Loor, MSC.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

En mi calidad de director de tesis certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la carrera Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. José Ramón Alarcón Loor, M.SC.

C.I: 131128820-1

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica, sede Manabí.

(f) _____

Ing. José Ramón Alarcón Loor, M.Sc.

131128820-1

Primer lector

(f) _____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, Mg.

130827219-2

Segundo lector

(f) _____

Ing. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño, Mg.

130659765-7

Tercer lector

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

Lenin Elí Rodríguez Yoza

Dirección: Portoviejo, Calle Quito y 13 de abril

Teléfono: 2634086

Celular: 0978692221

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general.

Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Lenin Elí Rodríguez Yoza

C.I: 131265058-1

DEDICATORIA.

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por ser quien con sus bendiciones me dio la fuerza y la capacidad de seguir adelante durante los años de mi carrera y por ser esa guía para poder alcanzar un objetivo más en mi vida.

A mi padre LENIN WASHINGTON RODRÍGUEZ RIVAS por ser un apoyo incondicional en los años de estudios quien con el ejemplo me mostro que con esfuerzo, sacrificio y dedicación se puede obtener lo que uno se propone en la vida, gracias por hacer muchos sacrificios para darme una buena educación, gracias por siempre estar pendiente de mis estudios.

A mi madre JUANA ROXANA YOZA CHANCAY por ser una madre incondicional en mi vida por siempre estar en cada instante conmigo, por darme muchos consejos y por siempre darme fuerza en mis momentos duros durante mis estudios y por ser siempre mi bastón durante estos años de estudio.

A mis tíos en especial a mi TÍA AMPARO RODRÍGUEZ RIVAS por apoyarme económicamente para poder seguir mis estudios superiores y por muy fundamental en la obtención de este nuevo objetivo en mi vida y a mi TÍO FERNANDO RODRÍGUEZ RIVAS por sus consejos de vida para poder seguir adelante en mis estudios.

Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, a mis abuelitas y abuelito, primos y mi novia por permitirme ser parte de su orgullo.

Lenin Elí Rodríguez Yoza

AGRADECIMIENTO.

Principalmente quiero agradecer a Dios por ser mi guía cada uno de los días, a mis padres a mi familia (tía paterna, tío paterno, abuelos) por su apoyo y su guía a lo largo de los años estudiantiles y por ser un pilar muy fundamental en este proceso y en la vida, por haber confiado en mi en este largo camino, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, para todos los docentes que fueron esencial durante este trayecto estudiantil, agradezco por sus enseñanzas, por sus consejos, por haberme enseñado sus conocimientos, los cuales me marcaran la ruta hacia mi nueva etapa en lo profesional, a los Ingenieros, JOSÉ RAMÓN ALARCÓN LOOR y JESÚS ENRIQUE CHAVARRÍA PÁRRAGA por ser unos excelentes docentes y extraordinarios seres humanos gracias por su ayuda brindada hacia mi durante este proceso de titulación.

Lenin Elí Rodríguez Yoza

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	4
Área de Estudio	4
Localización	4
Información Climatológica	5°
Materiales de Campo	5
Materiales de Oficina	5
MÉTODOS	6
Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia	8
Tina de Evaporación Estándar	9
Procedimiento y Ejecución	9
Método de la Tina de Evaporación no Estándar	10
Métodos Empleados para Estimar ETo	11
Método de la Cubeta Evaporimétrica	11
Método de Penman Monteith Modificada por la FAO	12
Parámetros Estadísticos	12
Coefficiente de Concordancia (D)	13
Coefficiente de Correlación (R)	14
Coefficiente de Confiabilidad (C)	15
Intervalo de confianza (IC)	16

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
CONCLUSIONES	20
BIBLIOGRAFÍA	21

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Área de estudio - Estación Inamhi La Teodomira.....	4
Figura 2: Tina de evaporación no estándar ubicada en la estación meteorológica UTM LODANA INAMHI.....	10
Figura 3: Resultados del análisis Statgraphics.....	17
Figura 4: Correlación de la evaporación estándar y no estándar	18
Figura 5: Resultados de la correlación mediante el uso programa Statgraphic.	29
Figura 6: Datos geográficos de la estación	30
Figura 7: Preparación del terreno	30
Figura 8: Colocación de los recipientes de evaporación	30
Figura 9: Nivelación de los recipientes	30
Figura 10: Cambio de Agua.....	30
Figura 11: Limpieza de los recipientes.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterio para interpretar el coeficiente de confiabilidad.....	15
Tabla 2: Datos Eto método de la Cubeta Evaporimétrica y Penman Monteith.	19
Tabla 3: Datos generales de la estación climatológica TEODOMIRA- Lodana24	
Tabla 4: Evaporación diaria de las tinas No Estándar	27

Resumen

Esta investigación cuantitativa permitió ejecutar un ajuste de correlación entre la tina no estándar y la tina de clase “A” de la estación climatológica de la Universidad Técnica de Manabí extensión Lodana, cantón Santa Ana, Manabí, al ser necesario estimar los cálculos de la evapotranspiración de cultivo (ET_c) entre los diferentes métodos que existen, siendo la ecuación de *Penman-Monteith FAO 56* muy utilizada en este tipo de investigaciones. Por ende, este estudio correlacional experimental se ejecutó durante julio y agosto de 2022, utilizando los datos diarios de la bandeja no estándar y enlazándolos con la evaporación de la zona investigada. Se calculó la ET_c mediante la cubeta evaporimétrica y *Penman-Monteith FAO 56*. Los resultados obtenidos de la comparación de las tinas no estándar y estándar muestran un modelo que no se acopla a las condiciones dadas, donde el valor del coeficiente de determinación (R^2) 0,0045 indica que la relación entre ambas tinas no existe debido a la presencia de un evento astronómico denominado “*Aphelion*” durante el tiempo de estudio, el cual de una u otra manera puede haber alterado las condiciones climáticas. Los valores obtenidos en julio y agosto por el método de cubeta evaporimétrica corresponden a 2,28 mm/día y 2,80 mm/día, y por el método de *Penman Monteith FAO 56* corresponden a 2,54 mm/día y 3,08 mm/día respectivamente. La cubeta no estándar se presenta como una opción para la obtención de ET_c en zonas donde la información agroclimática es nula.

Palabras clave: vapor de agua, cubeta volumétrica, heliofanía

Abstract

This quantitative research study made the correlation adjustment between the non-standard evaporation pan and the class A evaporation pan at the weather station of *Universidad Técnica de Manabí, Santa Ana* Canton in Manabí, considering the importance of estimating reference crop evapotranspiration (ET_o) using different methods of measurement, being the FAO-56 Penman-Monteith equation widely used in this type of research. Thus, this correlational and experimental research study was carried out between July and August 2022, using daily data from the non-standard evaporation pan and relating them to the rate of evaporation of the area of work under study. ET_o was calculated using both the evaporimeter cuvette and the FAO-56 Penman-Monteith equation. The findings from the comparison between the non-standard and standard evaporation pans show a model that does not fit the given conditions, where the coefficient of determination (R²) of 0.0045 reveals that there is no relationship between the evaporation pans because of the presence of an astronomical event called Aphelion, which in one way or another may have affected climatic conditions. The findings from the evaporimeter cuvette in July and August correspond to 2.28 mm/day and 2.80 mm/day, and the findings from the method of FAO-56 Penman-Monteith correspond to 2.54 mm/day and 3.08 mm/day respectively. The non-standard evaporation pan is an ideal option for calculating ET_o in regions where agro-climatic data are non-existing.

Keywords: water vapor, volumetric cuvette, heliophany

INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración se la ha definido como un elemento importante dentro del ciclo hidrológico y del balance de energía en la superficie terrestre, su comprensión y apreciación es innegable para la planeación de recursos hídricos y en lo particular, para el uso eficaz del agua en el riego (Lopez et al, 2015). Como señala (Toro et al, 2015) para la obtención de los datos reales de evapotranspiración se emplean modelos empíricos, semiempíricos, fisicomatemáticos y con variables meteorológicas. Para escoger un método se toma en cuenta la disponibilidad de datos meteorológicos y la veracidad del modelo para una zona específica.

Los métodos indirectos surgen precisamente el inconveniente de alcanzar mediciones de campo precisas, por lo que se guían de diversas ecuaciones empíricas o semi-empíricas para evaluar la capacidad de evaporación utilizando datos meteorológicos. Por lo cual se mencionan los métodos Thornwaite y Mather (1955), Blanney y Criddle (1950), Grassi (1964) o Penman-Monteith - FAO (1998) (Marini , 2017).

La implementación de modelos de evapotranspiración es requerida como un paso preliminar para la calendarización de riego. La evapotranspiración se encuentra influenciada por factores climáticos como los son viento, temperatura, humedad relativa, luz, entre otros factores, por lo tanto, la investigación debe ajustar la influencia de los diferentes factores climáticos con el objetivo de ajustar los modelos matemáticos que permitan determinar los requerimientos de agua de los cultivos con un rango considerable de confiabilidad. (Lopez, 2004).

La determinación de los requerimientos de riego de los cultivos se basa en la evaluación precisa de la evapotranspiración de referencia, que es particular para cada zona y a su vez, las posibles opciones para la estimación están sujetas a la información meteorológica disponible (Tarqui, 2021).

Ortiz, Tamayo, Chile, & Méndez, (2018) determinaron el “Coeficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia para el valle de Tumbaco” dentro de esta investigación se pudo obtener que por medio del método estándar Penman Monteith FAO 56 se ostentó índices inferenciales bajos para información climática habitual y de mayor exactitud para información promedio mensual.

Ecuador está situado en América del Sur en el paralelo 0°0'0". Con una extensión 283.561 km² Ecuador cuenta con cuatro regiones biogeográficas: la Sierra, la cual es atravesada por la Cordillera de los Andes, la Costa Pacífica, la Amazonía y las Islas Galápagos, la geografía favorece en gran parte a la biodiversidad presente en el país. Ecuador se encuentra incluido en el grupo de los 12 países presentan mega diversidad que en su conjunto representa entre 60 y 70 % de la biodiversidad del planeta, lo que quiere decir que país tiene un importante e insuperable patrimonio natural, base del desarrollo económico, social, cultural y productivo, el sector agrícola más del 64% de la producción agraria se encuentra en manos de los de pequeños productores. La mayoría de los alimentos consumidos en el Ecuador provienen de la Agricultura Familiar Campesina (AFC) (60%) (FAO, s.f.).

En Ecuador el agro se lo desarrolla desde el nivel del mar hasta los 2800 m por lo que este componente debe ser considerado en la programación del riego. Dado que la principal dificultad reside en la insuficiente información de datos de evapotranspiración, el uso de modelos predictivos es una alternativa necesaria a desarrollar (Vega & Jara, 2009).

Santa Ana es una zona de producción agropecuaria donde se desea conocer información respondiente a la evapotranspiración de referencia. Aproximar una estimación de evapotranspiración, donde se requiere en este caso prototipos que se puedan movilizar y utilizar en diferentes lugares para generar un resultado bastante confiable (GAD Santa Ana, 2019).

El tanque evaporimétrico permite evaluar los efectos combinados de radiación solar, viento, temperatura y humedad sobre la evaporación de una superficie de agua libre. De un modo semejante a planta responde a las mismas variables climáticas. El método del tanque de evaporación consiente en relacionar la evaporación del agua del tanque con la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) (Pérez et al, 2012).

Con los antecedentes antes mencionados, la investigación tiene como objetivo calibrar la tina de evaporación no estándar para la estimación de la evapotranspiración de referencia del Cantón Santa Ana, mientras que los objetivos específicos son: Relacionar la evaporación de la tina no estándar con la evaporación de la tina estándar y diferenciar la evapotranspiración de referencia de las tinas de evaporación con la evapotranspiración de referencia de la ecuación de Penman Monteith FAO 56.

El tanque evaporimétrico nos permite estimar los efectos combinados de radiación solar, viento, temperatura y humedad sobre la evaporación de una superficie de agua libre. De un modo análogo a planta responde a las mismas variables climáticas. El método del tanque de evaporación permite relacionar la evaporación del agua del tanque con la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) (Pérez et al, 2012).

Con los antecedentes antes mencionados, la investigación tiene como objetivo calibrar la tina de evaporación no estándar para la estimación de la evapotranspiración de referencia del Cantón Santa Ana, mientras que los objetivos específicos son: Relacionar la evaporación de la tina no estándar con la evaporación de la tina estándar y diferenciar la evapotranspiración de referencia de las tinas de evaporación con la evapotranspiración de referencia de la ecuación de Penman Monteith FAO 56

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

Localización

La investigación se la efectúo en el Cantón Santa Ana en los predios de la estación meteorológica de la Teodomira que se encuentra en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí extensión Lodana, dicha estación se encuentra situada geográficamente entre las coordenadas referenciales de latitud $1^{\circ}09'51''$ S y longitud $80^{\circ}23'24''$ O a una elevación de 60 m.



Figura 1: Área de estudio - Estación Inamhi La Teodomira

Fuente: Google Earth (s.f.)

Información Climatológica

El clima del Cantón Santa Ana es trópico seco compuesta de invierno y verano bien diferenciadas; la temperatura promedio del cantón Santa Ana anual es de 26 °C. La temperatura máxima ha alcanzado 37°C y la temperatura mínima a 14°C. Sin embargo, la variación diaria de la temperatura puede alcanzar hasta 10°C (GAD Santa Ana, 2019).

EQUIPOS Y MATERIALES

Materiales de Campo

- Plataforma de maderas
- Tachos de 20 lt
- Calibrador
- Alambre
- Probetas de 100 ml y 250 ml
- Nivel de superficie

Materiales de Oficina

- Impresora
- Pluma
- Laptop
- Hoja de campo

MÉTODOS

Para poder comprender a la evapotranspiración se han realizado a ejecutar métodos semiempíricos de estimación con base de datos climáticos estándar. Han elaborado investigaciones desde la década cuarenta para poder determinarla, pero en el año 1975 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) definió usar el término de evapotranspiración de referencia E_{to} , para detectar la demanda de agua por efecto de las condiciones climáticas (Chavez et al, 2013).

En la actualidad se cuenta con una gran cantidad de ecuaciones semiempíricas y empíricas que pueden ser muy utilizadas, una gran parte de estas ecuaciones requieren de una calibración para poder precisar su utilidad.

Para obtención los resultados de la correlación de los datos de la tina no estándar con la tina estándar se utilizó el programa Statgraphics en su versión gratuita, se inició subiendo los datos de la evaporación de la tina no estándar y los datos de la tina estándar y se escogió la opción de regresión lineal simple para poder ejecutar el programa y lograr así el análisis de la correlación. (Véase figura 3).

Evapotranspiración (ET)

La evapotranspiración es el proceso mediante el cual la superficie terrestre reintegra a la atmosfera en forma de vapor el agua que se ha precipitado sobre ella a través de dos procesos: un proceso físico como es la evaporación directa de la humedad del suelo, de las láminas de agua, la nieve y otras cubiertas, la evaporación interceptada por la capa de vegetación y el de la transpiración el cual es un proceso biológico físico realizado por las plantas (Sánchez, 2001).

Evapotranspiración de referencia (ET_o)

(Ramos, 2019) define a la ET_o como la tasa de evapotranspiración de un área de referencia que concierne a un cultivo hipotético con tipologías específicas, que ocurre sin limitaciones de agua y representa el desgaste de agua de una superficie cultivada estándar.

Factores meteorológicos que determinan la evapotranspiración

Según (Guillermo, 2019) los componentes meteorológicos que determinan la evapotranspiración son los elementos del tiempo que provee energía para la vaporización y la sustracción del vapor de agua de un área evaporante. Los principales parámetros meteorológicos que se deben considerar son los siguientes.

Radiación Solar

(Allen et al., 2006, como se citó en Guillermo, 2019) el proceso de la evapotranspiración está definido por la proporción de energía disponible para evaporar el agua. La radiación solar es la fuente de energía en el mundo la cual puede realizar que grandes cantidades de agua líquida las convierta en vapor de agua. La cantidad potencial que puede llegar a un área evaporante depende de la época del año y de la localización. Con respecto a la posición del planeta y a sus movimientos alrededor del sol, esta cantidad potencial de radiación varía por la latitud y por las estaciones del año.

Temperatura del Aire

(Allen et al., 2006, como se citó en Silva, 2015) la radiación solar absorbida por la atmósfera y calor expuesto por la tierra aumentan la temperatura del aire. En un día cálido y soleado, la pérdida de agua por evapotranspiración será mayor que en un día nublado y fresco.

Humedad Relativa

El aporte de energía del sol y del viento circundante es la fuerza impulsora para la evaporación del agua, la diferencia entre la presión de vapor de agua en el área evapotranspirante y el aire circundante es el elemento determinante para la remoción de vapor. La humedad relativa (HR) es la interacción en porcentaje de la presión real de vapor y la presión de saturación a una misma temperatura. La alteración de la humedad relativa se genera porque la presión de saturación es dependiente de la temperatura: como la temperatura cambia en el lapso del día también el valor de la humedad relativa fluctúa (Silva, 2015).

Velocidad del Viento

(López et al., 2006., como se citó en Guillermo, 2019) el proceso de remoción de vapor depende en alto grado del viento y turbulencia del aire, los cuales emiten grandes cantidades de aire hacia la superficie evaporante. Al sustituir el aire saturado permite que un viento seco se quite sobre la superficie, dando continuidad al proceso de la evapotranspiración. La velocidad del viento es menor cerca de la superficie evaporante y aumenta conforme a la altura.

Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia

Para el cálculo de ETo los métodos pueden realizarse de forma indirecta o directa; en este caso manipularemos métodos indirectos que resultan mayores y se den con mejor agilidad contrastar con los obtenidos en la muestra de estudio. (FAO, 2014).

Métodos indirectos:

- Método de la Cubeta
- Método de Penman Monteith modificada por la FAO

Tina de Evaporación Estándar

El tanque evaporimétrico suministra una medida integrada del efecto de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo que ocurre en la superficie libre de agua, el tanque evaporímetro puede emplearse para estimar ETo en forma confiable cuando las mediciones de la lámina de agua se realizan correctamente (Ortiz, Tamayo, Chile, & Méndez, 2018).

Procedimiento y Ejecución

La tina de evaporación no estándar tiene un esquema muy similar al tanque de Clase A, con otras dimensiones y con distinto material, el cual es un recipiente de plástico blanco cilíndrico de 38 cm de altura y 31 cm de diámetro con un espesor de 0.5 m, con las dimensiones que cuenta el recipiente de plástico se hace muy factible ubicarlos en cualquier lugar, sin necesidad de espacios grandes. El material plástico hace que el agua no se caliente, como si ocurre con el material metálico, separándolo del terreno mediante unas plataformas de madera, con esas dimensiones y condiciones el tanque registrará una importante evaporación (Hernández M. , 2013).

Para el procedimiento correcto de la instalación de la tina no estándar es la colocación de los recipientes cilíndricos en forma de cruz siguiendo en sentido de las manecillas del reloj en torno a la tina de evaporación Clase A, para así conseguir datos fidedignos.

En el desarrollo de la evapotranspiración de referencia (ETo) se realizaron lecturas diarias cada 24:00 horas durante un tiempo estimado de 45 días, con tipologías especiales donde se van a realizar mediciones, registros y controles precisos de los niveles de evaporación y precipitación de cada tina estándar para diferir las condiciones atmosféricas en situaciones y en lugares determinados.



Figura 2: Tina de evaporación no estándar ubicada en la estación meteorológica UTM LODANA INAMHI

Método de la Tina de Evaporación no Estándar

Los controles de las láminas de agua para la Eto de referencia se establecerán mediante el empleo de las fórmulas planteadas con respecto a las condiciones ambientales y físicas que envuelven al tanque:

Área del cilindro

Relación Matemática de Cálculo de Área

$$\text{Ecuación 1: } \text{Área} = \pi * R^2$$

Donde:

Área=Área del cilindro (cm^2)

R= Radio del cilindro (cm)

Altura de agua

Relación Matemática de Cálculo Altura:

$$\text{Ecuación 2: } \textit{Altura de agua} = \frac{\textit{Volumen}}{\textit{Área}}$$

Donde:

Altura de agua (cm)

Volumen =Volumen de agua consumida (cm^3)

Área=Área del cilindro (cm^2)

Evaporación Diaria

Relación Matemática de Cálculo Evaporación Diaria:

$$\text{Ecuación 3: } \textit{ETo} = \textit{Altura de agua} * 10$$

Donde:

Eto=Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Altura de agua (cm)

Métodos Empleados para Estimar ETo

Los métodos que se van a mostrar son compilados del manual de la FAO (2014):

Método de la Cubeta Evaporimétrica

Relación Matemática:

$$\text{Ecuación 4: } \textit{ETo} = \textit{Kp} * \textit{Ep}$$

Donde:

Eto= evapotranspiración potencial de referencia (mm/día).

Kp= coeficiente de la cubeta.

Ep= evaporación de la cubeta (mm/día).

Método de Penman Monteith Modificada por la FAO

La ecuación de Penman Monteith FAO 98 de acuerdo (Bardales, 2020) ayuda a determinar la evapotranspiración E_{to} , a partir de los factores meteorológicos como lo son las horas de sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad de viento.

Relación Matemática:

$$\text{Ecuación 5: } E_{T_0} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)}$$

Donde:

E_{T_0} = evapotranspiración de referencia (mm/día).

R_a = radiación solar neta (MJ/ m²*día).

G = flujo de calor para el suelo (MJ/ m²*día).

T = promedio diario de la temperatura del aire medido a 2 m de altura (°C).

u_2 = velocidad del viento medido a 2 m de altura (m/s).

e_s = representa la presión de vapor del aire saturado con agua (kPa).

e_a = representa la presión de vapor actual (kPa).

$e_s - e_a$ = es el déficit de saturación de vapor de agua.

Δ = inclinación de la curva de presión de vapor en función de la temperatura del aire (kPa/°C).

γ = constante psicométrica (kPa/°C).

Parámetros Estadísticos

Para analizar los resultados entre los diferentes parámetros, se utilizaron varios métodos en la comparación de resultados a conseguir, en relación con los conseguidos con Penman Monteith FAO 56, para aquello se empleará el coeficiente de correlación (R), coeficiente de concordancia (D), error medio (MBE), y el coeficiente de confiabilidad (C) (Hernández & Vásquez, 2013).

Error Medio (MBE)

Hernández & Vásquez (2013) Señalaron que este metodo se lo emplea para poder definir la desigualdad que existe entre una variable medida con relación a un valor observado. Se estima que cuanto más próximo sea su valor a cero el error será mínimo por el otro lado en cuanto a los valores elevados mostraran menor precisión en el modelo, ahora bien, su valor optimo será igual a cero.

$$\text{Ecuación 6: } MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (ETOPM_i - ETOE_i)}{N}$$

Donde:

MBE = Error Medio (mm/día).

ETPM_i = Evapotranspiración de referencia estimada con el método Penman Monteith FAO 56 (mm/día).

ETOE_i = Evapotranspiración de referencia estimada con la tina no estándar (mm/día).

N= El número de valores en el estudio.

Coefficiente de Concordancia (D)

(Willmott et al., 2011, como se citó en Ortiz et al., 2020) Por medio de este metodo se comprueba la precision de los resultados establecidos por el modelo manejado para predecir un valor observado; cuando la tendencia del valor es uno, el modelo indica una correcta precision.

$$\text{Ecuación 7: } D = 1 \frac{\sum_{i=1}^n (ETOPM_i - ETOE_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|ETOPM_i - X| + |ETOE_i - X|)^2}$$

Donde:

D=Coeficiente de concordancia (mm/día).

ETPM_i = Evapotranspiración de referencia estimada con el método Penman Monteith FAO 56 (mm/día).

ETOE_i = Evapotranspiración de referencia estimada con la tina no estándar (mm/día).

X= Promedio valores observados.

Coefficiente de Correlación (R)

(Samuels ,2014, como se citó en Ortiz et al., 2020) es un indicador estadícamente empleado para tasar la relacion que existe entre de dos variables cuantitativas, si la tendencia es a uno el resultado sera optimo.

$$\text{Ecuación 8: } r = \frac{\sum_{i=1}^N (ETOE_i - X)(ETOM_i - XM_i)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^N (ETOE_i - X)^2][\sum_{i=1}^N (ETOM_i - XM_i)^2]}}$$

Donde:

R=Coeficiente de correlación.

ETPM_i = Evapotranspiración de referencia estimada con el método Penman Monteith FAO 56 (mm/día).

ETOE_i = Evapotranspiración de referencia estimada con la tina no estándar (mm/día).

\bar{X} =Promedio de los valores observados (ETOE_i)

\bar{X}_{M_i} =Promedio de los valores estimados.

Coefficiente de Confiabilidad (C)

(Ortiz, Tamayo, Chile, & Méndez, 2018) determina que el coeficiente de confiabilidad comprueba con exactitud los resultados y el uso para la relación de los métodos planteados.

$$\text{Ecuación 9: } C = R \times D$$

Donde:

C=Coeficiente de confiabilidad

R=Coeficiente de correlación.

D=Coeficiente de concordancia

Tabla 1: Criterio para interpretar el coeficiente de confiabilidad

COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD	CLASIFICACIÓN
>0.85	Excelente
0.76 - 0.85	Muy Bueno
0.66 - 0.75	Bueno
0.61 - 0.65	Intermedio
0.51 - 0.60	Tolerable
0.41 - 0.50	Pobre
< 0.40	Muy pobre

Fuente: (Ortiz, Tamayo, Chile, & Méndez, 2018)

Análisis estadístico

Intervalo de confianza (IC)

El intervalo de confianza puntualiza la variabilidad entre la medida obtenida por medio del estudio y la medida real de la población. El rango de probabilidad establecido en porcentajes corresponde entre el 90% y 95% del total de un estudio del 100% (Candia & Caiozzi, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factor de ajuste entre la tina estándar y no estándar.

En esta presente investigación no se logró obtener la relación de la evaporación de la tina no estándar con la tina estándar, presentando un R^2 de 0,045 a un modelo de regresión lineal que fue el de mayor valor. Dentro del análisis de la aplicación Statgraphics nos indicó que no existe una relación estadísticamente entre los valores de la tina no estándar con los valores de la tina estándar ya que nos salió un valor de Anova que es mayor o menor a 0,05 lo que indica que la relación es débil entre las variables.

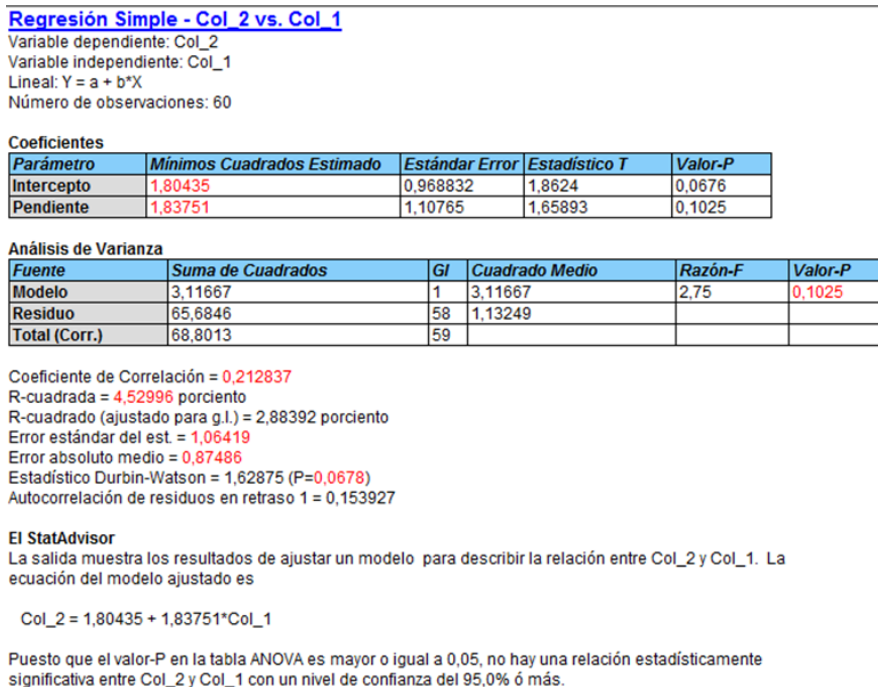


Figura 3: Resultados del análisis Statgraphics

En los meses de junio, julio y agosto, pero más en el mes de julio se presentó un fenómeno astronómico conocido como “Aphelion” el cual es un fenómeno que ocurre cada año en el que la Tierra se encuentra más alejado del Sol. De acuerdo con la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) esto ocurre debido a que la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol es elíptica y no circular, por lo que hay momentos en los cuales el planeta Tierra se encuentra más alejado al Sol (Silva M. , 2022). Debido al fenómeno ocurrido durante los meses de la investigación las variables climatológicas de alguna manera

se vieron afectas por lo cual la relación entre la tina no estándar y la tina estándar se vio afectada y los resultados se dispersaron lo cual hizo que no se encuentre un modelo estadístico para poder ejecutar de manera correcta la investigación.

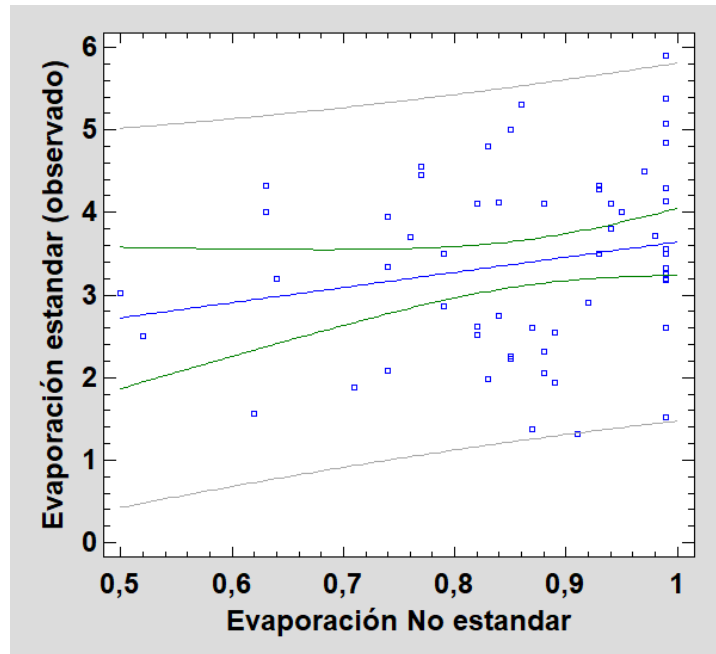


Figura 4: Correlación de la evaporación estándar y no estándar

Es muy necesario discutir algunos aspectos que son de gran importancia respecto al momento de obtener un modelo lineal de este tipo ya que las condiciones climatológicas de cada zona de estudio son muy diferentes y por más que tenga algo en común siempre habrá un pequeño desajuste que hará que el modelo no sea el correcto como fue en este caso en el cual justo en los meses de estudio ocurrió un evento astrológico que influencio en el clima de la zona, además de eso podemos ver también como los valores de la evaporación varían de forma drástica de un día al otro y que casi era muy nula la relación entre los días, por lo tanto al compararlo con las demás investigaciones podremos observar que efectivamente los meses que se ejecuta las investigaciones y el factor climático si influye al momento de obtener los

datos de evaporación y más al momento de encontrar ese modelo lineal que se necesita en la investigación y más que se apegue a las condiciones establecidas por los factores de ajuste.

Evapotranspiración de referencia (ET_o)

MES	ET_o CUBETA	ET_o PENMAN
	(mm/día)	(mm/día)
JULIO	2,28	2,54
AGOSTO	2,80	3,08

Tabla 2: Datos Eto método de la Cubeta Evaporimétrica y Penman Monteith

Durante el proceso de la investigación y la ejecución de los métodos de Penman Monteith FAO 56 y Cubeta Estándar se pudo comprobar la evapotranspiración de referencia (ET_o), por ende, en la Tabla 2 se presentan los datos de cada uno de los métodos ejecutados dentro de la investigación.

Una vez obtenido los datos de Eto se realizó un balance entre los métodos indirectos como el de Penman Monteith FAO 56 y el de la cubeta evaporimétrica, se logró obtener un valor de 3,08 por medio de Penman Monteith FAO 56 y un valor de 2,28 mm/día obtenido por medio del método de la Cubeta Evaporimétrica y la diferencia entre ambos métodos obtenido fue de 0, 26 mm/día para el mes de Julio y 0,28 mm/día para el mes de agosto.

Los resultados de esta investigación difieren con Ponce (2020), donde en el mes de septiembre del 2020, para alcanzar la evapotranspiración de referencia mediante los métodos de Cubeta evaporimétrica y Penman Monteith FAO 56 logró obtener valores por el método de cubeta 2,51 mm/día y por el método de Penman 2,55 mm/día. Esto da un indicador que por medio de los dos métodos indirectos dan valores muy cercanos.

CONCLUSIONES

- No existió relación entre la tina no estándar con la tina estándar debido a que en los meses que se efectuó la investigación se presentó un evento astronómico denominado “Aphelion” que afectó a los factores climáticos de la zona de estudio.
- En los métodos indirectos utilizados para estimar la evapotranspiración de los meses de estudio, existe una diferencia de \pm del 10% en los cuales el método más preciso para utilizar en la obtención de ETo es el método de Penman Monteith FAO 56.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R., Pereira , L., Dirk , R., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* .
- Bardales, R. (2020). *Calibración de las formulas empíricas de evapotranspiración de referencia, respecto a la evaporación del tanque tipo A, en la estación de Purhuay-Huari, periodo 2014 – 2018*. Huaraz, Perú.
- Candia, R., & Caiozzi, G. (2005). Intervalo de Confianza. *Scielo*, 133(9), 5. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872005000900017>
- Chavez , E., González, G., & González, J. (2013). *Uso de estaciones climatologicas automaticas y modelos matematicos para determinar la evapotranspiracion*.
- Hernández , M. (2013). Mini-Tanque de evaporación clase A y pluviómetro de Balancín: Sensores opcionales para el dispositivo arduodrop. *Tecnología y Desarrollo*.
- FAO. (2014). Evapotranspiración. En FAO, *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*.
- FAO. (s.f.). FAO. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- GAD Santa Ana. (2019). *Santa Ana Gad Municipal*. Obtenido de <https://santaana.gob.ec/ciudad/>
- Google Earth*. (s.f.). Obtenido de Google Earth:
https://earth.google.com/web/search/la+teodomira/@-1.17323375,-80.38745846,57.90899213a,1056.29435655d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCZA8YJewfK_EWnF7sbly_K_GQoTK2yWGFTAIRHlNbzGFTA

- Guillermo, S. (2019). *Desarrollo de cálculo de presión de vapor para estimar evapotranspiración con limitación de datos climáticos*. Torreón, Coahuila, Mexico .
- Hernández, A, & Vásquez, R. (2013). Prospección de la estimación de la evapotranspiración de referencia,. *Scielo* , 25-29.
- Lopez , J., Diaz, T., Watts, C., & Rodriguez , J. (2015). *Terra Latinoamericana*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57341186003.pdf>
- Lopez , E. (Diciembre de 2004). *Centro de investigación en química aplicada*. Obtenido de centro de investigació en química aplicada:
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/366/1/Eduardo%20Alfonso%20Trevi%C3%B1o%20Lopez.pdf>
- López, R., Fabeiro, C., & Moratalla, A. (11 de Julio de 2006). *An evaluation of two hourly reference evapotranspiration equations for semiarid conditions*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377406001533#!>
- Marini , F. (2017). Estimación de evapotranspiración real (ETR) y de evapotranspiración potencial(ETP) en el sudoeste bonaorense (Argentina) a partir de imagenes Modis. *Revista de teledetección*.
- Ortiz, R., Tamayo, C., Chile, M., & Méndez, A. (1 de Julio de 2018). *scielo*. Obtenido de scielo: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v5n1/2477-8850-siembra-05-01-0002.pdf>
- Pérez, C., Manrique, O., & Duarte, C. (2012). *Coficiente de evaporímetro para la programación*. La Habana .

- Ponce, J. (2020). *Estimacion de las necesidades hidricas del pasto Mamboza(Panicum Maximum cv. Mambosa) a partir de la curva de coeficiente de cultivo utilizando lisimetria de drenaje en epoca seca*. Chone.
- Ramos, L. (2019). *Métodos empíricos y de soft-computing para estimar evapotranspiración de referencia en el estado de Campeche*. Campeche.
- Samuels, P. (2014). *Pearson Correlation*. Pearson.
- Sánchez , M. (2001). *Métodos de estimación de evapotranspiración*. Santiago de Chile.
- Silva, J. (2015). *Análisis comparativo de cuatros modelos de evapotranspiración de referencia en la microcuenca del río Quinuas*. Cuenca .
- Silva, M. (6 de Mayo de 2022). Fenómeno que aleja más a la Tierra del Sol será el 4 de julio de 2022 y no afectará la salud humana. *Fenómeno que aleja más a la Tierra del Sol será el 4 de julio de 2022 y no afectará la salud humana*.
- Tarqui, C. (13 de Abril de 2021). *scielo*. Obtenido de scielo:
http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v8n1/v8n1_a07.pdf
- Toro, M., Ramirez , R., Vazquez, A., & Ibañez , A. (2015). *Modelos para estimar la evapotranspiración de referenica en la*.
- Vega , E., & Jara, J. (12 de Agosto de 2009). *Scielo* . Obtenido de Scielo :
<https://www.scielo.br/j/eagri/a/hMRcCrDnV96RV6H8BtDvtyF/?lang=es>
- Willmott, C., Roberson, S., & Matsuura, K. (2011). *A refined index of model performance*. Intenacional Journal of Climatology.

ANEXO

Anexo N°1 Tablas

Tabla 3: Datos generales de la estación climatológica TEODOMIRA- Lodana

REPORTE MENSUAL DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2022							
Promedio Mensuales							
FECHA	SEMANA	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	TEMPERATURA DEL AIRE (°C) MÁX	TEMPERATURA DEL AIRE (°C) MIN	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/seg)	HORAS SOL	EVAPORACIÓN (mm)
3 de julio	SEMANA 1	83	26,8	20	1	0	1,38
4 de julio		83	28,7	20,2	1	0,4	2,61
5 de julio		81	31,4	20,2	2	4,3	3,95
6 de julio		86	27,5	21,7	2	1,7	2,32
7 de julio		85	27,3	19,6	1	0	2,23
8 de julio		89	26	21,5	1	0	2,51
9 de julio		79	31,5	19,8	3	1,7	3,2
10 de julio	SEMANA 2	83	29	20	3	1,7	2,08
11 de julio		82	27,7	21,1	1	0,8	2,55
12 de julio		85	27	20,6	1	0	2,06
13 de julio		90	26,1	20,5	2	0	1,56
14 de julio		82	31,7	20,8	1	6,5	4,32
15 de julio		88	29,5	19,4	1	1,8	4,33
16 de julio		96	28	20	1	0,1	2,9

17 de julio	SEMANA 3	87	29,5	20,4	2	0,4	1,32
18 de julio		84	31,5	21,2	2	3,6	3,56
19 de julio		83	31	21,2	2	3,2	4,1
20 de julio		80	32,5	18	2	5,4	4,1
21 de julio		89	28,7	18,9	2	1,5	3,2
22 de julio		81	31	20,8	2	7,3	4,8
23 de julio		85	26,5	20,6	2	0	4
24 de julio		SEMANA 4	81	30,5	20,4	2	1,4
25 de julio	78		32	20,9	2	4,2	4,46
26 de julio	83		34	20,2	2	6,8	4,1
27 de julio	88		30	20,8	3	2,8	3,02
28 de julio	87		31,3	21,2	3	3,4	3,34
29 de julio	87		28	21,6	1	0,6	2,74
30 de julio	88		28,2	20,2	3	0,9	3,5
31 de julio	SEMANA 5	86	30,5	20,6	2	2,1	1,88
1 de agosto		82	30,5	21,1	3	2,3	3,26
2 de agosto		85	29,8	19,4	2	2,5	2,86
3 de agosto		83	28	20,7	2	0,6	2,26
4 de agosto		86	31,1	21,1	3	3,9	4,12
5 de agosto		87	28,6	21,8	1	0,1	3,72
6 de agosto		83	33	21,2	2	1,2	4

7 de agosto	SEMANA 6	86	28	21,2	3	6,3	1,52
8 de agosto		89	27,5	20,4	1	0	1,98
9 de agosto		83	31,1	21,4	1	4,6	4,56
10 de agosto		81	30,2	20,8	1	3	4,13
11 de agosto		80	32	20,8	2	4,4	5,07
12 de agosto		82	30,8	21	2	2,3	4,3
13 de agosto		83	28,5	20	1	0,1	2,6
14 de agosto	SEMANA 7	81	32	19	2	5,3	3,5
15 de agosto		77	34,5	20	3	8	4,5
16 de agosto		89	29	21	2	2,1	3,5
17 de agosto		88	26	20,2	1	0	2,6
18 de agosto		86	29,2	21	2	1,3	2,5
19 de agosto		83	33	19	2	8,1	3,7
20 de agosto		78	32,5	19,2	2	8,5	5,3
21 de agosto	SEMANA 8	82	33,5	19	2	8,1	5,9
22 de agosto		79	30	20,6	2	3,5	3,32
23 de agosto		81	30,6	21,6	1	4,6	4,28
24 de agosto		81	30,6	21,8	2	1,9	3,32
25 de agosto		78	30,3	20,9	2	1	3,33
26 de agosto		84	30,4	20,1	1	2,2	5,38
27 de agosto		82	32,5	21,2	2	5,5	5
28 de agosto	SEMANA 9	81	32,1	20,5	2	6,2	3,2
29 de agosto		82	32,5	21,4	2	3,2	4,85
30 de agosto		83	30,2	20,8	1	1,2	3,18
31 de agosto		82	30	20,9	2	1,9	3,8

Tabla 4: Evaporación diaria de las tinas No Estándar

FECHA	EVAPORACIÓN DIARIA DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DE EVAPORACIÓN (mm/día)				
	Cubeta 1 (mm/día)	Cubeta 2 (mm/día)	Cubeta 3 (mm/día)	Cubeta 4 (mm/día)	Promedio (mm/día)
3 de julio	0,89	0,85	0,81	0,99	2,93
4 de julio	0,81	0,95	0,75	0,73	2,68
5 de julio	0,87	0,75	0,56	0,95	2,59
6 de julio	0,92	0,65	0,97	0,87	2,83
7 de julio	0,75	0,88	0,81	0,99	2,84
8 de julio	0,89	0,68	0,85	0,61	2,52
9 de julio	0,61	0,69	0,62	0,99	2,41
10 de julio	0,75	0,63	0,67	0,80	2,36
11 de julio	0,91	0,95	0,87	0,81	2,92
12 de julio	0,79	0,87	0,99	0,99	3,01
13 de julio	0,58	0,60	0,66	0,99	2,34
14 de julio	0,64	0,69	0,68	0,99	2,49
15 de julio	0,86	0,96	0,97	0,99	3,12
16 de julio	0,82	0,96	0,94	0,90	3,00
17 de julio	0,90	0,91	0,95	0,99	3,10
18 de julio	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
19 de julio	0,99	0,56	0,95	0,66	2,61
20 de julio	0,99	0,55	0,99	0,51	2,52
21 de julio	0,99	0,99	0,99	0,82	3,13
22 de julio	0,62	0,75	0,99	0,92	2,71
23 de julio	0,84	0,99	0,99	0,99	3,15
24 de julio	0,69	0,99	0,90	0,99	2,95
25 de julio	0,62	0,95	0,88	0,99	2,84
26 de julio	0,93	0,99	0,86	0,99	3,12
27 de julio	0,49	0,47	0,39	0,99	1,94
28 de julio	0,66	0,77	0,79	0,99	2,65
29 de julio	0,85	0,79	0,99	0,88	2,90
30 de julio	0,71	0,74	0,99	0,99	2,84
31 de julio	0,71	0,74	0,66	0,99	2,56

1 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
2 de agosto	0,88	0,67	0,86	0,73	2,60
3 de agosto	0,91	0,93	0,62	0,95	2,82
4 de agosto	0,88	0,85	0,77	0,87	2,79
5 de agosto	0,99	0,99	0,97	0,99	3,25
6 de agosto	0,61	0,58	0,70	0,61	2,07
7 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
8 de agosto	0,99	0,81	0,73	0,80	2,75
9 de agosto	0,93	0,72	0,61	0,81	2,54
10 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
11 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
12 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
13 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
14 de agosto	0,99	0,91	0,93	0,90	3,09
15 de agosto	0,99	0,92	0,99	0,99	3,22
16 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
17 de agosto	0,99	0,83	0,99	0,66	2,87
18 de agosto	0,44	0,52	0,63	0,51	1,74
19 de agosto	0,63	0,80	0,82	0,82	2,54
20 de agosto	0,79	0,85	0,87	0,92	2,84
21 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
22 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
23 de agosto	0,99	0,78	0,99	0,99	3,10
24 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
25 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
26 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
27 de agosto	0,85	0,83	0,82	0,88	2,80
28 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
29 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
30 de agosto	0,99	0,99	0,99	0,99	3,27
31 de agosto	0,96	0,99	0,99	0,83	3,12

Regresión Simple - Col_2 vs. Col_1

Variable dependiente: Col_2

Variable independiente: Col_1

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Número de observaciones: 60

Coefficientes

Parámetro	Mínimos Cuadrados Estimado	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	1,80435	0,968832	1,8624	0,0676
Pendiente	1,83751	1,10765	1,65893	0,1025

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3,11667	1	3,11667	2,75	0,1025
Residuo	65,6846	58	1,13249		
Total (Corr.)	68,8013	59			

Coefficiente de Correlación = 0,212837

R-cuadrada = 4,52996 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 2,88392 por ciento

Error estándar del est. = 1,06419

Error absoluto medio = 0,87486

Estadístico Durbin-Watson = 1,62875 (P=0,0678)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,153927

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo para describir la relación entre Col_2 y Col_1. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Col}_2 = 1,80435 + 1,83751 \cdot \text{Col}_1$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es mayor o igual a 0,05, no hay una relación estadísticamente significativa entre Col_2 y Col_1 con un nivel de confianza del 95,0% ó más.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 4,52996% de la variabilidad en Col_2. El coeficiente de correlación es igual a 0,212837, indicando una relación relativamente débil entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 1,06419. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 0,87486 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

Figura 5: Resultados de la correlación mediante el uso del programa Statgraphic

Anexo N°2 Fotografías



Figura 6: Datos geográficos de la estación



Figura 7: Preparación del terreno



Figura 8: Colocación de los recipientes de evaporación



Figura 9: Nivelación de los recipientes



Figura 10: Cambio de Agua



Figura 11: Limpieza de los recipientes