

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS PARA
CALCULAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL,
COMO ÍNDICE DE DEMANDA DE AGUA DE LOS
PRINCIPALES CULTIVOS DEL PACÍFICO CENTRAL Y
OCCIDENTAL DE PANAMÁ”**

FÁTIMA L. GUERRA G.

4-772-772

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2016

“EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS PARA CALCULAR LA
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL, COMO ÍNDICE DE DEMANDA DE
AGUA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL PACÍFICO CENTRAL Y
OCCIDENTAL DE PANAMÁ”

TRABAJO DE GRADUACION SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE INGENIERIA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECURIAS

APROBADO:

PROF. ING. CECILIO A. ESTRIBI _____
DIRECTOR

PROF. ING. NOÉ AGUILAR _____
ASESOR

PROF. ING. TIRSO SOLÍS _____
ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2016

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por los momentos buenos y también los difíciles que tuve durante el camino para obtener mis metas, debido a que tú me diste la salud, fortaleza y la sabiduría necesaria para seguir adelante.

A mis abuelos por que antes de partir Juan González me transmitió la fortaleza y a Mercedes García la dulzura, la felicidad y la humildad que siempre la distinguían, considero que fueron las enseñanzas necesarias para poder superar cualquier obstáculo que tuviera en la vida.

A mi madre Leticia González quien a lo largo de toda mi vida me ha apoyado y motivado en mi formación académica, su firmeza y lucha interminable para que sus hijos sean grandes profesionales, ha logrado a ser mi ejemplo a seguir; no me alcanzara la vida para compensar todo lo que hiciste por mí.

A mi padre Eduardo Guerra por dar siempre lo mejor de él y por desear, anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi camino.

A mi bisabuela Estelvina Gonzáles por todo su apoyo durante toda la vida y a mis abuelos por parte de padre Luis Guerra y Yolanda Arauz por quererme incondicionalmente.

A cada uno de los miembros de mi familia por apoyarme constantemente e incondicionalmente en el transcurso de mi vida y más aun en mis duros años de carrera profesional; me siento privilegiada por contar con ustedes, a pesar de que no siempre se puede estar cerca nuestros lazos familiares fueron más sólidos y fuerte que nunca.

A mi tía Eunices González por ser como una hermana mayor brindándome su amor incondicional en todo momento, gracias por tus consejos y ante todo por creer en mí.

A mis asesores, Ing. Noé Aguilar, Ing. Cecilio Estribí, Ing. Tirso Solís, por estar a disposición en lo que necesité, por sus comentarios, sugerencias y consejos para lograr culminar la investigación.

A todos mis compañeros que estuvieron conmigo durante los cuatros años de carrera, por todos esos momentos inolvidables que compartimos, agradezco a mi compañero Danny Arauz, Ovet Aparicio, Andrea Blanco, Edwin Cedeño, Jaime Ortega y especialmente a Kenja Márquez porque me quiere tal como soy, me acompañaste en mis logros y mis fracasos, hemos celebrado alegrías y compartido nuestros dolores.

A Eliecer Catillo por estos tres años que me acompañaste en las buenas y en las malas, gracias por ser mi paño de lagrimas y darme buenos consejos logrando sacar una sonrisa sin importar los problemas que abruman.

Fátima Lisseth Guerra

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a **Dios** por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

Finalmente a los Profesores que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Fátima Lisseth Guerra

EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS PARA CALCULAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL, COMO ÍNDICE DE DEMANDA DE AGUA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL PACÍFICO CENTRAL Y OCCIDENTAL DE PANAMÁ

Guerra, F. 2016. Evaluación de diferentes métodos para calcular la evapotranspiración potencial, como índice de demanda de agua de los principales cultivos del pacífico central y occidental de Panamá. Tesis Ing. Manejo de cuenca y ambiente. Chiriquí, Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias.99 p

RESUMEN

Los diferentes estudios hidrológicos no tienen una metodología definida para realizar los cálculos de evapotranspiración potencial, utilizando distintas métodos sin conocer si son apropiadas para las zonas.

Este estudio comparó los métodos de Penman, Blanney-Criddle, García-López, Hargreaves, Thornthwaite, Jensen-Haise para determinar la evapotranspiración y el método de la evaporación medida en el tanque tipo A, empleando datos obtenidos de las estaciones de cada región; entre las regiones tenemos Chiriquí, Veragua, Herrera, Los Santos y Coclé.

Para evaluar los resultados de los métodos mencionados se utilizaron pruebas estadísticas como coeficiente de determinación (R^2) por medio de regresiones lineales y prueba "t" de student para cada una de las regiones. Aplicada las pruebas estadísticas se pudo observar que los métodos tienen alguna inconstancia en los resultados donde se utiliza la prueba de "t" de student específicamente por tener un nivel de probabilidad, por esta prueba estadística se concluye para la región de Chiriquí los métodos con altos grados de asociación son Hargreaves y Thornthwaite. Los métodos para la región de Veraguas son Penman, Hargreaves, Thornthwaite, Gracia-López, Jensen-Haise, para la región de Herrera los métodos con mayor grado de asociación son Penman, Hargreaves, Thornthwaite, García-López, Jensen-

Haise, el método aprobado para la región de Los Santos es Hargreaves, finalmente para la región de Coclé los métodos con mayor grado de asociación son Penman, Blanney-Criddle, Hargreaves y García-López.

Por medio de la prueba estadística de coeficiente de determinación (R^2) se logró identificar que el método de Penman tiene una relación de fuerte a muy fuerte, seguido por el método de García- López que mantiene el mismo grado de relación, con la diferencia que el método de Penman tiene la limitación en las estaciones que no miden la radiación solar no se puede aplicar este método. Como el tercer método de mejor relación es Hargreaves con rangos de fuerte a moderada con la limitación en las estaciones que no miden radiación solar. El método de Thornthwaite tiene un rango aceptable debido a que tiene una relación de moderado a débil. El método de Blanney-Criddle tiene un rango de determinación muy débil el cual no se debe aplicar para ninguna de las regiones estudiadas.

Luego de establecer los métodos por región se determinó la evapotranspiración de los cultivos de caña de azúcar, palma de aceite, arroz y maíz. Por lo tanto, calcular de manera precisa la evapotranspiración del cultivo nos permite entregar el agua en el momento correcto y en la cantidad adecuada.

Palabras claves: evapotranspiración, evapotranspiración potencial, evapotranspiración de cultivo, métodos.

EVALUATION OF DIFFERENT METHODS TO THE CALCULATION OF THE POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION AS AN INDICATOR OF DEMAND OF WATER FROM THE MAIN FARMING OF THE CENTRAL PACIFIC AND THE PANAMA'S WESTERN.

Guerra, F, 2016. Evaluation of different methods to the calculation of the potential evapotranspiration as an indicator of demand of water from the main farming of the central pacific and the Panama's western. Thesis Ing. Watershed management and environment. Chiriqui, Panama. Faculty of Agricultural Sciences.

ABSTRACT

The different hydrology's studies don't have a defined methodology to realize the rate of the potential evapotranspiration, to realize the different methods without knowing if they are appropriated to the areas.

This study compared the Penman, Blanney-Criddle, García-López, Hargreaves, Thornthwaite, Jensen-Haise methods to determine the evapotranspiration and the method of the evaporation measured in the tank of the station of each region, among regions we have Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos and Coclé.

To evaluate the results about the mentioned methods utilized to the statistic test such as coefficient determination (R^2) lineal regressions and "t" tests de students to each regions, applied the statistics tests we could observe that this method have some insconstances in the results were the "t" de student's test was utilized to have a level of probability, to this statistic test from the Chiriquí region the methods with high levels of association are Hargreaves and Thornthwaite. The Veraguas region the methods are Penman, Garcia -Lopez, Hargreaves, Thornthwaite, Jensen-Haise. To the Herrera regions the methods with light levels of associations are Penman, García-López, Hargreaves, Thornthwaite, Jensen-Haise. The approved methods to the Los Santos is Hargreaves, and finally to the Coclé's regions the highest methods of associations are Penman, Blanney-Criddle, García-López, Hargreaves, Thornthwaite.

Across the statistic test of determination coefficient (R^2) we reach to identify that Penman's methods has a relation from to more followed by the García – López, 's. method that has the same levels of relation as a different the Penman methods has the limitation that it doesn't measure the solar radiation is not aphid to this methods.

As a there method from best relation is Hargreaves with rangis high to with the limitations in the stations that can't measure the sol radiations. The

Thornthwaite method has acceptable range because it is moderated and weak.

The Blanney-Criddle has a range of determinations very weak and it can be applied to studied regions.

Later, to establish the methods for regions, was determined the evapotranspiración to the farming of sugar cone, oil's palm, rice, corn. Therefore to calculate from precise manner the evapotranspiración, from farm let is turned the water in the right moments and in adequately

KEYWORDS: evapotranspiration, potential evapotranspiration, crop evapotranspiration, methods.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁG.
PÁGINA DE APROBADO:	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICA	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
1.0. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema de investigación	2
1.2. Antecedentes	4
1.3. Justificación	8
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos	9
1.5. Hipótesis	10
1.6. Alcance y limitaciones	10
1.6.1. Alcances	10
1.6.2. Limitaciones	11
2.0. REVISIÓN LITERARIA	12
2.1. Métodos para determinar la evapotranspiración	14
2.1.1. Métodos Directos	14

2.1.2. Métodos Indirectos.....	16
3.0. MATERIALES Y METODOLOGÍAS	19
3.1.Materiales.....	19
3.2.Metodologías.....	20
3.1.2. Tanque de Evaporación clase A	21
3.1.3. Penman:.....	22
3.1.4. Thornthwaite:	24
3.1.5. Blaney-Criddle (Original):.....	25
3.1.7. Hargreaves:.....	25
3.1.8. García-López:	26
3.1.9. Jensen-Haise.	27
3.2.Análisis estadísticos.....	27
3.3.Procedimientos de Cálculo para Estimar la ET de los Cultivos. ...	31
4.0. RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
4.1.Área de influencia	33
4.2.Estaciones Meteorológica Seleccionadas	33
4.3.Método de evapotranspiración de referencia (ET _o) de referencia.	34
4.4.Confección de planillas para los métodos de cálculos	34
4.5.Análisis de datos	34
4.5.1. Chiriquí.....	37
4.5.2. Veraguas.....	42
4.5.3. Herrera.....	46
4.5.4. Los Santos	51
4.5.5. Coclé.....	56
5.0 CONCLUSIONES	62

6.0	RECOMENDACIONES	65
7.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
8.0.	ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	PÁG.
I. RANGOS PARA INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN	29
II. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN DE TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA CHIRIQUÍ.....	38
III. PRUEBA ESTADISTICA PARA CHIRIQUÍ AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS	39
IV. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN DE TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	42
V. PRUEBA ESTADISTICA PARA VERAGUAS AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS.....	44
VI. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	47
VII. PRUEBA ESTADISTICA PARA HERRERA AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS.....	49
VIII. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN DE TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	52
IX. PRUEBA ESTADISTICA PARA LOS SANTOS AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS.....	54
X. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN DE TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	57
XI. PRUEBA ESTADISTICA PARA COCLÉ AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS	58

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA	PAG.
I. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE PARA CHIRIQUÍ	41
II. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE PARA VERAGUAS	45
III. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE PARA HERRERA.....	50
IV. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE PARA LOS SANTOS.....	55
V. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE PARA COCLÉ	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁG
A. ESTACIONES CON TANQUE TIPO “A” EN EL PACIFICO CENTRAL Y OCCIDENTAL DE LAS REGIONES DE CHIRIQUÍ, VERAGUAS, HERRERA, LOS SANTOS Y	70
B. DATOS CLIMATICOS EMPLEADOS	71
B. I. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.	73
B. II. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE VERAGUA.	75
B. III. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE HERRERA	77
B. IV. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE LOS SANTOS	78
B. V. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE COCLÉ.....	79
C. VALORES PROMEDIOS MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA). OBTENIDOS A TRAVÉS DE LOS DISTINTOS METODOS	79
C. I. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA) PARA LA REGIÓN DE CHIRIQUÍ.....	81
C. II. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA) PARA LA REGIÓN DE VERAGUAS.....	83
C. III. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA) PARA LA REGIÓN DE HERRA.	86

C. IV	VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA) PARA LA REGIÓN DE LOS SANTOS	86
C. V.	VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA) PARA LA REGIÓN DE COCLÉ.....	87
D.	ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS.....	87
D. I	ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA CHIRIQUÍ.....	89
D. II.	ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA VERAGUAS	89
D. III.	ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA HERRERA	90
D. IV.	ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA LOS SANTOS.....	90
D. V.	ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA COCLÉ.....	91
E	VARIABLES POR ECUACIONES.....	90
E. I.	PENDIENTE EN UN PUNTO DE LA CURVA DE PRESIÓN DE SATURACIÓN DE VAPOR – TEMPERATURA ($\Delta^{\circ}\text{C}$) Y PRESIÓN DE SATURACIÓN DE VAPOR ES EN MM HG.	92
E. II.	COEFICIENTE DE REFLEXIÓN DE DIVERSAS SUPERFICIES Y CUBIERTAS VEGETALES (ADOPTADOS DE SELLERS, 1965 Y CHANG, 1968).....	93
E.III.	RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE, RA VALORES MENSUALES PROMEDIOS EXPRESADOS EN $\text{cal cm}^2 \text{ día}^{-1}$ (langleys por día).....	94

E. IV.	DURACIÓN MÁXIMA POSIBLE DE LUZ DEL SOL PARA DIFERENTES MESES Y LATITUDES NORTE EXPRESADA EN UNIDADES DE 30 días de 12 horas cada uno.	95
E. V.	PORCENTAJE MENSUAL DE HORAS DE LUZ SOLAR CON RESPECTO AL TOTAL ANUAL HASTA 12° DE LATITUD NORTE.....	95
E. VI.	COEFICIENTES ESTACIONALES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS (COEFICIENTE KC), PARA CONDICIONES DE RIEGO.	96
E. VII.	DISTRIBUCIÓN “T” DE STUDENT PARA LA PRUEBA ESTADISTICA.	967
E. VIII	COEFICIENTES DEL TANQUE EVAPORÍMETRO (KP) PARA EL TANQUE CLASE A PARA DIVERSAS LOCALIZACIONES Y AMBIENTES DE LOS TANQUES Y VALORES DE VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO Y DE HUMEDAD RELATIVA.....	968

1.0. INTRODUCCIÓN

La distribución del agua en el planeta es desigual, tanto espacial como temporal, proceso que condiciona la disponibilidad para el uso antrópico, situación que implica el cuestionamiento sobre la utilización actual y futura. El agua para el crecimiento y desarrollo de las sociedades es determinante, ya que el conjunto de las actividades que las sociedades realizan depende del agua.

Existe una variada gama de usos de este recurso, siendo los más importantes en el sistema agropecuario, la industria y el uso doméstico. La utilización del agua en el sistema agropecuario es un factor condicionante para el desarrollo productivo, interviniendo en todos los procesos y componentes del sector. En la Industria su aplicabilidad se da en varios sentidos, puede intervenir en el propio proceso de elaboración de productos, en el tratamiento de residuos o en las actividades de higiene. El uso doméstico se vincula al conjunto de actividades cotidianas de las sociedades humanas. Del conjunto de usos no consuntivos de agua se destacan, la generación de energía hidroeléctrica y las actividades recreativas

La intensidad en la utilización de los recursos naturales afecta en forma desigual a los distintos bienes de la naturaleza. El agua es uno de los que más se ha afectado, debido a su importancia en el desarrollo de la vida, tanto para el crecimiento como para el desarrollo de las sociedades humanas.

La Evapotranspiración está integrada por la evaporación y la transpiración, la primera es el proceso por el cual el agua se transforma del estado líquido a gaseoso por intermedio de la transferencia de energía calórica (aproximadamente 590 calorías para evaporar 1 gramo de agua líquida). Los factores que condicionan el proceso de evaporación son la temperatura del aire y del agua, los vientos, la presión atmosférica, y el tipo de agua (dulce o salada). La transpiración es el mecanismo por el cual los organismos vivos eliminan agua.

En este contexto general, esta investigación busca determinar y evaluar los diferentes métodos para el cálculo de la evapotranspiración potencial utilizando como referencia la Evaporación en tanque tipo "A" del Pacífico Central y Occidental de Panamá

1.1. Planteamiento del problema de investigación

El dato de evapotranspiración potencial es de gran importancia para la producción agrícola, especialmente para una planificación, adecuada y un manejo eficiente de los recursos hídricos, tanto a nivel regional como de finca ya sea en agricultura de riego o de secano.

La estimación de la evapotranspiración potencial es ampliamente utilizada en la ingeniería de riego para definir las necesidades de agua de los cultivos. Esta estimación se utiliza en el proceso de planificación de los sistemas de riego a ser

desarrollados, y también en el manejo de la distribución de agua en los sistemas existentes.

Mucho se ha escrito en otras latitudes sobre requerimientos de agua y varios métodos, procedimientos y fórmulas son disponibles para estimar las necesidades de agua de los cultivos. Mucho de estos tienen aplicación limitada debido a su fundamento empírico.

Debido a los cambios climáticos que están azotando a nivel mundial y nuestro país no escapa de esa realidad, hay que buscar la medida para aprovechar los recursos de manera eficientes específicamente en el área agrícola que diariamente vemos el deterioro del recurso hídrico.

En el caso particular de Panamá, con mucha frecuencia los usuarios de la información sobre evapotranspiración potencial continúan utilizando datos que fueron calculados hace más de dos décadas, por lo que con el uso de la información climática acumulada hasta la actualidad, se puede obtener información más exacta. Adicionalmente, la mayoría de estos datos fueron generados con fórmulas de estimación empíricas y sin una adecuada calibración, por lo tanto la información no resulta confiable.

El conocimiento de la evapotranspiración es la base para elaborar calendarios teóricos de riego de cultivos y estimar el volumen de agua para riego suplementario, en caso de que la lluvia sea insuficiente.

Las técnicas indirectas para calcular la evapotranspiración proporcionan una estimación del requerimiento de agua a través de todo el ciclo vegetativo mediante la utilización de fórmulas empíricas.

1.2. Antecedentes

De acuerdo con publicación de la UNESCO (2008), sobre el balance hídrico superficial de Panamá para el periodo de 1971 – 2002. La evapotranspiración es la que ha sido objeto de la atención de un gran número investigadores, quienes han desarrollado modelos empíricos para su estimación.

La actividad meteorológica en el territorio nacional estuvo limitada al desarrollo de las actividades de los servicios meteorológicos operados por el gobierno de los Estados Unidos y por las compañías dedicadas al cultivo de banano y a la producción de azúcar.

Las primeras estaciones climatológicas, propias de una red nacional fueron instaladas en 1955 por el Servicio Cooperativo Interamericano de Fomento Económico (SCIFE), agencia cooperativa entre el Instituto de Fomento Económico (IFE) y U.S.AID y en 1961, el recién creado Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), asumió la responsabilidad del manejo de la Red Hidrológica y la Meteorológica Nacional.

Con el asesoramiento de la Comisión Económica para la América Latina (CEPAL) y el Fondo Especial del programa de las Naciones para el Desarrollo (FE-PNUD),

se logró en 1967 la aprobación del Proyecto de Ampliación y Mejoramiento de los Servicios Hidrometeorológicos del Istmo Centroamericano conocido como Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, (PHCA). Se designó a la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como la Agencia Ejecutora; así como también, se integró el Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH) como el Organismo Intergubernamental de Contraparte. Por Panamá, le correspondió al IRHE darle seguimiento a este proyecto.

En el período de vigencia del PHCA de (1967-1972), el IRHE instaló en Panamá 265 estaciones meteorológicas y 52 estaciones hidrométricas, que registraban parámetros meteorológicos de presión atmosférica, temperatura, temperaturas extremas, humedad, precipitación (cantidad e intensidad), viento (velocidad y dirección), evaporación, temperatura del suelo, insolación y radiación solar. Las estaciones hidrométricas registraban los niveles de agua de los ríos y lagos, en forma continua.

El proyecto, se orientó hacia la creación del servicio meteorológicos en el Ministerio de Agricultura y Ganadería, sin embargo por falta de recursos económicos el gobierno decidió que el IRHE asumiera las funciones del servicio hidrometeorológico nacional lo cual quedó plasmado en la Resolución N° 372 - 72 de 4 de diciembre de 1972.

Según el informe final del IICA, ORSTOM (1985), sobre el primer encuentro de agroclimatología de Centro América, Panamá y Haití. (22 – 26 de abril 1985), la Dra. Raisa Ruiz C (RENARE – MIDA PANAMÁ), en su presentación informa que:

“.....En 1975 el Departamento de Agro meteorología, dentro de la estructura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá, a través de su Dirección de Recursos Naturales Renovables existió el interés de incorporar esta disciplina en el contexto de la planificación del país. Durante ese periodo se establecieron siete estaciones agroclimáticas completas, en regiones netamente agrícolas, forestales y pecuarias; algunas en conjunto con el departamento de hidrometeorología del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), quienes llevaban la red hidrometereológica más extensa del país, con más de quince año de observaciones a esa fecha. La información de esta pequeña red fue depurada en el Departamento de Agrometeorología de RENARE, desde 1984, en forma de boletines mensuales, a los agricultores y técnicos en general. También forma parte del banco de datos hidrometeorológico del IRHE, quien recibía apoyo de la Organización meteorológica Mundial (OMM) para realizarlo. En ese periodo se realizaron trabajos de balance hídrico utilizando el método de Hargreaves a nivel mensual y decadal.....”

Según el estudio realizado por Villarreal (1984) de la evapotranspiración potencial con diferentes métodos indica que, después de los análisis correspondientes se opta por tomar el método de Hargreaves, ya que las isólineas se comportan de una manera que se puede ajustar más al estudio agroclimáticos y de acuerdo a los parámetros que utiliza la fórmula, estos son fáciles de obtener.

En 1997 se crea Empresa de Transmisión Eléctrica S.A, como resultado de la privatización del sector eléctrico que estaba en esos momentos en manos del IRHE, mediante la promulgación de la Ley N° 6 del 3 de febrero de 1997. Esta Ley le asignó a ETESA las funciones Hidrometeorológicas y le heredó la Red Hidrometeorológica Nacional, con 165 estaciones meteorológicas y 72 hidrométricas. En la actualidad la Gerencia de Hidrometeorología ha modernizado la red con equipos de registro automático, continuo y telemétrico con respuesta en tiempo real. (ETESA 1997)

El Comité Regional de los Recursos Hidráulicos (CRRH), en su papel de ente rector en materia de Recursos Hídricos, Agua y Clima en América Central, une esfuerzos con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), y con la Unión Europea (UE), de cuya iniciativa se logra la organización de la “I Reunión ampliada del Grupo de Expertos para la evaluación de los recursos hídricos de América Latina y el Caribe”, en la cual Panamá fue participe.

En esta primera reunión, que se realizó en San José, Costa Rica, del 24 al 26 de mayo de 2004, se sentaron las bases metodológicas del proyecto Balance Hídrico Superficial de Centroamérica y el Caribe, y para la sistematización de los procesos. Para los fines prácticos, **“.....es en esta fecha es cuando se puede considerar que se inicia la elaboración del Balance Hídrico Superficial de Panamá, y se utilizan métodos empíricos para el cálculo de ETP como los**

de **FAO-PENMAN - MONTEITH, HARGREAVES, THORNTHWAITE y HOLDRIDGE.....” UNESCO, (2008).**

1.3. Justificación

Se considera que la agricultura tiene una alta demanda de agua debida a que está destinada a los riegos de millones de plantas que después serán consumidas por el propio hombre o por el ganado.

El riego en Panamá se desarrolla con muy baja deficiencia, por este motivo para regar un cultivo se utiliza mucha agua, y quizás pensemos que esa agua es necesaria ya que los cultivos son necesarios para el hombre, sin pensar la cantidad de agua que la planta necesite en realidad. Debido a que no hay normativas o planes que implique el racionamiento del agua se observa actualmente en nuestro país hay pérdida de este recurso en el sector agropecuario, por el mal uso de los recursos hídricos.

El cálculo de la evapotranspiración potencial es de gran importancia para la producción agrícola, especialmente para una planificación adecuada y un manejo eficiente de los recursos hídricos, tanto para nivel regional como para fincas.

Hay muchos escritos, metodologías, procedimientos para otras latitudes que son utilizadas en nuestro país para estimar las necesidades de agua de los cultivos; muchos de ellos tienen parámetros limitados debido a sus fundamentos empíricos,

que no ayuda al desarrollo agrícola del país. Existen métodos directos por sus costos limitan los estudios de la evapotranspiración potencial.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar los métodos de cálculos para evapotranspiración potencial más adecuado para las regiones del pacífico central y occidental de Panamá, como información previa a la determinación de la demanda de agua de los cultivos de caña de azúcar, palma aceitera, arroz y maíz.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Calcular por medio de las ecuaciones de Evaporación en tanque, Penman, Blanney-Criddle, Thornthwaite, Hargreaves, García-López, Jensen-Haise la ETP mm/día para el área de estudio.
- ✓ Diferenciar los resultados de evaporación con las mediciones en “tanque de evaporación clase A” y los resultados de evapotranspiración potencial.
- ✓ Estimar los requerimientos de consumo de agua para los cultivos de caña de azúcar, palma aceitera, arroz y maíz.

1.5. Hipótesis

H₁. Además de mediciones directas, existe un método alternativo confiable, mediante un análisis comparativo de metodologías para estimar evapotranspiración.

H₀. Además de mediciones directas, no existe un método alternativo confiable, mediante un análisis comparativo de metodologías para estimar evapotranspiración.

1.6. Alcance y limitaciones

1.6.1. Alcances

Según Allen et al. (1998) la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) proponen el uso de la ecuación de Penman como el estándar para la estimación de la evapotranspiración de referencia y para la calibración de otras ecuaciones.

Hargreaves (1985), menciona que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), recomienda el método de Hargreaves (HG), cuando sólo se dispone de los datos de temperaturas. Se analizará la posibilidad de calibración y ajuste de diferentes métodos y la evaporación en tanque tipo "A" en las estaciones mencionadas en los anexos A.

1.6.2. Limitaciones

Dentro del estudio encontré la limitación en definir el diseño experimental y las pruebas estadísticas para lograr el objetivo de esta investigación, entre las otras limitaciones encontradas es que no hay suficiente información climática, para aplicar métodos indirectos como ecuaciones empíricas.

Hay métodos calibrados para otras latitudes, que se utilizan en Panamá, desarrollando informaciones imprecisas para nuestro sector.

2.0. REVISIÓN LITERARIA

Allen et al, (2006), menciona que durante los últimos 50 años se han desarrollado una gran cantidad de métodos empíricos por numerosos científicos y especialistas en todo el mundo, con el fin de estimar la evapotranspiración a partir de diferentes variables climáticas. A menudo las ecuaciones estaban sujetas a rigurosas calibraciones locales pero demostraron tener limitada validez global.

Por otra parte, probar la exactitud de los métodos bajo nuevas condiciones es laborioso y necesita mucho tiempo y dinero. A pesar de ello, los datos de evapotranspiración son necesarios con antelación al planteamiento de proyectos o para programar calendarios de riego.

La necesidad del riego está fundamentada en el conocimiento de la evapotranspiración de los cultivos. Doorenbos y Pruitt (1976) introdujeron el término de evapotranspiración de referencia (ET) como la tasa de ET de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 centímetros de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombrean totalmente el suelo y que no escasean de agua.

La obtención de la ET se debe basar fundamentalmente en el conocimiento de las condiciones climáticas, edáficas y de cultivo De-Juan (1993), muchas de estas variables son difíciles de cuantificar por falta de aparatos o instrumentos, bien sea

por el costo que estos representan o por la imposibilidad de monitorearlos eficazmente, por esto, las fórmulas empíricas que permiten calcular los consumos de agua surgen como una respuesta. Estas fórmulas se basan en condiciones climáticas, agronómicas y edáficas propias de una localidad, por lo que la transferencia de estas metodologías de una zona a otra diferente de aquella en la que han sido concebidas sigue siendo problemática.

Méndez y Rojas (1973), señalaron que el principal problema para la programación de obras de riego es la insuficiencia de datos de evapotranspiración (ET). Khan et al. (1998), mencionan que en Venezuela se ha venido trabajando con fórmulas empíricas para la determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o), pero no existe la seguridad de que estos valores se correlacionan bien con la evapotranspiración real ya que los datos existentes sobre evapotranspiración medida son muy pocos.

García y López (1970) desarrollaron una fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15°N – 15°S) y concluyeron que la misma se ajustaba de manera confiable a la realidad. Luego de esto, las investigaciones sobre el consumo de agua en el país se han multiplicado. Muestra de ello son las realizadas por Martelo (1989), Suárez (1990) y López y Dennett (2005) para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_o).

2.1. Métodos para determinar la evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizan dos métodos: directos e indirectos.

2.1.1. Métodos Directos

Se consideran métodos directos aquellos que miden directamente el consumo por evapotranspiración y requieren para su determinación la instalación de aparatos, el cuidado de ellos y seguir la metodología específica en cada paso.

2.1.1.1. Lisímetro

Existen dos tipos básicos de lisímetros para la monitorización de los flujos de agua y solutos a través el suelo: los de pesada y los de drenaje. Los primeros Owens, (1987) suelen resultar caros, complejos de construir y casi siempre fuerzan al uso de suelo alterado como relleno Jemison y Fox, (1994); Martin et al. (1994), siendo su principal aplicación determinar la evapotranspiración del cultivo Ritchie y Burnett, (1968).

Los lisímetros de drenaje son menos costosos y facilitan la reproducibilidad de las medidas de los flujos de soluto y agua en perfiles de suelo no alterados usándose habitualmente en la medida del agua drenada y para determinar el movimiento de solutos a través del perfil Jones et al. (1974).

En la actualidad, un gran número de países, incluido Panamá, no cuentan con lisímetros para la medición de la evapotranspiración debido a los altos costos de

implementación y operación que estos implican. En estos casos la estimación de la ETP se debe realizar por medio de metodologías empíricas que un gran número de autores han propuesto desde hace aproximadamente 60 años y que hoy en día siguen siendo utilizadas.

2.1.1.2. Evaporímetro Thornthwaite Valverde (1998)

Consiste en un tanque rectangular de hierro de 4 m² de superficie y 0.40 m de profundidad que sirve para determinar la evapotranspiración en forma directa. Dicho tanque se profundiza en el suelo, se rellena de tierra y se siembra con el cultivo en estudio. El evaporímetro Thornthwaite contiene un tanque alimentador por donde se agrega y mide el agua, un tanque regulador y una tubería que une el sistema. Valverde (1998)

2.1.1.3. Método Gravimétrico Domingo. et al. (2003)

Se basa en la determinación en los diferentes valores de humedad registrados en una serie de pesadas que se efectúan a través del ciclo vegetativo, en muestras de suelo, obtenidas a una profundidad igual a la que tienen las raíces de las plantas del cultivo considerado.

En función de estas diferencias y de las características del suelo se obtienen las láminas de agua consumidas por evapotranspiración, en un periodo de tiempo determinado.

La suma total de las láminas consumidas en los intervalos entre riegos, es igual a la "lámina total consumida" o "uso consuntivo" del cultivo estudiado.

Las medidas directas presentan una serie de problemas como que solo funcionan en épocas en que los flujos sobrepasan un umbral impuesto por la resolución instrumental, por tanto, fallan cuando las concentraciones de agua son bajas, requieren re calibraciones periódicas, no son válidos cuando hay lluvia, requieren una longitud rodal suficiente para ser aplicados, lo que hace que los datos necesiten ser filtrados considerando orientaciones de viento concretas. Son útiles para validar modelos, pero esto solo se puede realizar en periodos en los que funcionen adecuadamente.

2.1.2. Métodos Indirectos

Se consideran métodos indirectos aquellos que han sido deducidos bajo condiciones definidas entre regiones y su aplicación precisa de una serie de datos que generalmente no se tienen a la disposición.

2.1.2.1. Evaporímetro Tanque Valverde (1998)

El uso de los datos de evaporación de tanque, es un método muy preciso porque integra los efectos de todos los elementos climáticos (temperatura, humedad, velocidad del viento y luz solar) que afectan la evapotranspiración del cultivos de referencia. Existen varios tipos de tanque, pero el más utilizado es el tanque tipo

A, de hierro galvanizado, de 121 cm de diámetro y 25.5 cm de profundidad, montado sobre plataforma de madera a 15 cm sobre la superficie.

2.1.2.2. Método FAO Penman Allen et al. (1998)

La ecuación de Penman, desarrollada en 1948, combinó el método del balance energético con el de transferencia de masa y obtuvo una nueva metodología para el cálculo de la evaporación de una superficie abierta en función de las horas de sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad del viento. La ecuación original fue posteriormente modificada por diversos autores e investigadores quienes incluyeron factores de resistencia aerodinámica y resistencia superficial.

De acuerdo con la información base necesaria y a su vez disponible para estimar la ET por medio de las diferentes metodologías, se seleccionó el método de Blanney-Cridde, junto con los métodos de, Thornthwaite, Jensen-Haise.

2.1.2.3. Método de Blanney-Cridde Doorenbos & Pruitt, (1977)

Es conocido también como FAO-24 Blanney-Cridde y se basó en estudios realizados en la zona del oeste de Estados Unidos y otros países, en los que se buscaba la correlación entre el agua consumida por las plantas, la temperatura y las horas de luz al día. El método original, desarrollado en 1942 por Blanney-Morin, fue modificado por Blanney-Cridde en 1945, 1950 y 1962, y finalmente reformado por Doorenbos y Pruitt en 1977. Permite calcular la evapotranspiración potencial diaria con base en mediciones de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y brillo solar.

2.1.2.4. Método de García y López García & López (1970).

Es una fórmula adaptada al trópico que permite estimar la evapotranspiración potencial diaria, entre latitudes 15° N y 15° S. Desarrollada a partir de la correlación de los datos de temperatura y déficit de saturación con los de la evapotranspiración potencial medidos en seis estaciones tropicales.

2.1.2.5. Método de Hargreaves Hargreaves (1985).

Hargreaves desarrollo una fórmula empírica para la estimación de la evaporación del tanque clase A en latitudes medias del hemisferio norte. La ecuación propuesta es función de la temperatura, la humedad relativa y el coeficiente mensual de luz solar.

2.1.2.6. Método de Thornthwaite Thornthwaite, et al. (1944).

Se trata de una ecuación empírica para el cálculo de la evapotranspiración potencial mensual de una superficie de referencia cubierta de césped, con base en la temperatura media mensual. El método fue desarrollado utilizando lecturas de lisímetros y balances hídricos realizados en cuencas pequeñas de diferentes zonas de Estados Unidos. Thornthwaite asegura que su método no es preciso en zonas áridas pues emplea la temperatura en lugar de la radiación neta, que tiene una relación física más directa con la evapotranspiración potencial.

2.1.2.7. Método de Jensen-Haise Jensen- Haise (1963)

El método de Jensen-Haise se considera un método de radiación ya que incorporan a su ecuación valores de radiación solar al reconocer en el método la relación existente entre una fuente de energía y la evaporación

3.0. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron en cada una de las estaciones fueron los datos disponibles de la página web de la Empresa de Trasmisión Eléctrica S.A. (ETESA) de los siguientes elementos climáticos: precipitación, evaporación, temperatura media del aire, humedad relativa media del aire, insolación y velocidad del viento, además de los datos propios de la estación como su latitud, longitud y altitud; de las estaciones meteorológicas las cuales se encuentran distribuidas adecuadamente en la zona de estudio.

Los rangos de la velocidad del viento que no se encontraron en la página web de ETESA, para obtener el coeficiente de tanque clase A, se obtuvieron del ATLAS NACIONAL DE PANAMÁ.

Dentro de las estaciones ubicadas en Herrera, los datos de evaporación no estaban completos razón por la cual se utilizaron los datos de la página web del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

Se utilizó el software HIDROESTA 2, Microsoft Excel, utensilios de escritorio, un equipo de cómputo con Internet.

3.2. Metodología

La primera etapa para iniciar el estudio fue escoger el área de mayor influencia en este caso el área del pacifico central y occidental de las provincias de Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos, Coclé.

Luego se seleccionaron las estaciones meteorológicas con datos disponibles realizando la actualización, verificación y procesamiento de los datos históricos climáticos de las estaciones anteriormente mencionados, tomadas de la página web de Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA).

Las estaciones principales tienen los datos completos de temperatura, humedad relativa, brillo solar, velocidad del viento a 2 metros y precipitación, el cual se puede utilizar todas las metodologías planteadas en el estudio, Sin embargo, en aquellas estaciones que no se tienen datos climáticos completos se utilizaron los métodos indirectos.

Para evaluar los métodos se escogió la ETP de referencia. Posteriormente se calculó la evapotranspiración potencial mediante planillas en Excel con los métodos mencionados correspondiente, para los 12 meses establecidos.

Se comparó los resultados de cada método con los datos de evaporímetro tanque tipo "A"; mediante los resultados se seleccionó el método para la zonas correspondiente que más se ajusten al evaporímetro tanque A, por medio de análisis de correlación paramétrico para estudiar en qué grado se relacionan dos

variables que forman pares ordenados e interrelacionados análisis gráfico y método de correlación.

Los métodos para estimar la evapotranspiración potencial en este estudio fueron los siguientes:

3.1.2. Tanque de Evaporación clase A: Según la FAO (2006) se utiliza extensivamente en las áreas de riego, cuando no se tiene suficiente información climática. Este método debe utilizarse sólo cuando esté calibrado apropiadamente. Tiene como ventaja su simplicidad, dado que permite medir los efectos integrados del clima en función de una única medida: la evaporación de una superficie libre de agua.

Ecuación 1

$$ET_p = E_{vp} * K_p$$

Dónde:

ET_p = es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

K_p = es el coeficiente del tanque evaporímetro que depende de la humedad relativa mínima, de la velocidad promedio del viento en 24 horas y del tipo de cobertura que se encuentra alrededor del tanque.

E_{vp} = es la evaporación medida en el tanque evaporímetro (mm/día).

Hay otros métodos para calcular el coeficiente mensual, en este caso se utilizó (K_p) formulada por Allen et al. (1998) indica que:

$$K_p = 0.108 - 0.000331 U_2 + 0.0422 \ln(\text{entorno}) + 0.1434 \ln(HR \text{ prom}) - 0.000631 (\ln \text{ entorno})^2 * \ln(HR \text{ prom})$$

Dónde:

Kp = coeficiente del tanque

Entorno = distancia desde el Tanque evaporímetro hasta el área cubierta verde a barlovento (m)

HR media= humedad relativa media mensual (%)

$$HR_{prom} = \frac{HR_{min} - HR_{max}}{2}$$

U₂ = velocidad media mensual del viento (ms⁻¹ o (km/día) a dos metros de altura.

3.1.3. Penman: Método propuesto por la FAO (Allen et al., 1998). Se utilizaron las variables en esta fórmula las cuales son radiación neta, Humedad relativa, temperatura media, velocidad del viento a 2 m, presión de saturación de vapor y presión actual de vapor.

Ecuación 2

$$ET = \frac{\frac{\Delta}{\alpha} Rn + Ea}{\frac{\Delta}{\alpha} + 1}$$

Donde:

ET = evapotranspiración en mm/día

$\frac{\Delta}{\alpha}$ = pendiente de la curva de presión de saturación del vapor. Ver

ANEXO E. Variables por métodos

Rn = flujo de radiación neta en mm/día de evaporación equivalente.

$$Rn = Rg (1 - \alpha) + R_l$$

Donde:

R_g = radiación global que llega a la superficie terrestre, medida en la estación meteorológica y expresada en evaporación equivalente en mm/día.

α = albedo o coeficiente de reflexión según la superficie o cobertura vegetal. Ver ANEXO E. Variables por métodos

R_l = radiación terrestre o de onda larga de salida, en mm/día y se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{R_l = (1.35 R_g/R_a - 0.35) RLO}$$

Donde:

R_a = radiación extraterrestre. Ver ANEXO E. Variables por métodos

$$\mathbf{RLO = - [0.98 - (0.67 + 0.051 \sqrt{e})] [11.71 \times 10^{-8} (T^\circ)^4]}$$

T° = temperatura del aire en grados kelvin.

e = presión real de vapor en la atmósfera en mm de Hg

$$\mathbf{e = es HR}$$

es = presión de saturación de vapor en función de la temperatura Ver ANEXO E.

HR = es la humedad relativa

E_a = componente aerodinámico de acuerdo a la velocidad del viento y el déficit de presión de saturación del aire. Para una superficie libre de agua la ecuación es la siguiente:

$$\mathbf{E_a = [0.35 (es - e) (0.5 + \frac{5}{800} \mu)]}$$

Mientras que para una superficie con vegetación la ecuación es como sigue:

$$\mathbf{E_a = [0.35 (es - e) (1.0 + \frac{5}{800} \mu)]}$$

Donde:

Ea = evaporación del agua en mm/día

e,es = presión real y presión de saturación de vapor

μ = velocidad del viento en km/día medido a 2 m de altura.

3.1.4. Thornthwaite: (Thornthwaite, 1948). Se expresará íntimamente ligada con los valores de evapotranspiración de cada lugar y denominada como eficiencia de temperatura. Para el cálculo se utiliza la temperatura media mensual.

Ecuación 3

$$\mathbf{ETP} = 16 \frac{(10 T^{\circ})^a}{I}$$

Donde:

ETP = evapotranspiración en mm/día

T° = temperatura promedio mensual en centígrados.

Im= índice de calor mensual obtenido del cuadro 9 o con la fórmula a partir de la temperatura media.

$$\mathbf{Im} = 16 \left[\frac{T^{\circ}C}{5} \right]^{1.514}$$

I= índice de calor anual

$$\mathbf{I} = \sum \mathbf{Im}$$

$$\mathbf{a} = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.43239$$

NOTA: El valor de ETP obtenido son para los meses de 30 días considerando 12 horas diarias de sol, por lo que deben multiplicarse por un factor de corrección que está en función del mes y de la latitud del lugar. Este factor de corrección se obtiene del Ver ANEXO E. Variables por métodos

3.1.5. Método Blanney-Criddle (Original):

3.1.6. Este método se originó en base a la temperatura, el coeficiente de cultivo y en el porcentaje de horas diurnas, que a su vez varía de acuerdo a la latitud aproximada de la zona en estudio Doorenbos y Pruitt, (1976). La fórmula anterior fue considerada en el presente estudio como Blanney-Criddle sencillo.

Ecuación 4

$$\mathbf{ETP} = \Sigma f$$

$$f = (0.457 T^{\circ} + 8.13) p$$

Donde:

ETP = evapotranspiración en mm/mes
f = factor de uso consuntivo mensual en mm.
T° = temperatura media mensual en grados centígrados
p = porcentaje mensual de horas de sol con respecto al total anual, se obtiene del Ver ANEXO E., según el mes y la latitud.

3.1.7. **Hargreaves** Hargreaves (1968).: Proponé a la temperatura, humedad relativa media diaria, velocidad del viento, insolación y la altitud como factores para la determinación de la ET

Ecuación 5

$$ETP = 0.0075 R_s T^0$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial en mm/día

Rs = radiación solar incidente expresada en evaporación equivalente en mm/día. $R_s = R_a (a + b n / N)$

Donde:

R_a = radiación extraterrestre.

a, b = constantes que dependen de la latitud.

Varían muy poco. $A = 0.255$, $B = 0.472$

n = duración del brillo solar medido en la estación meteorológica.

N = duración máxima posible del brillo solar.

T^0 = promedio diario de temperatura en grados Fahrenheit. $^{\circ}F = 9/5 \text{ }^{\circ}C$

+32

3.1.8. García-López García y López (1970):Según su estudio, la fórmula propuesta se adapta a la banda comprendida desde los 15° N hasta los 15° S de latitud. Las variables utilizadas son la temperatura media en °C y la humedad relativa media de las horas diurnas

Ecuación 6

$$ETP = (1.21 \times 10^{7.45 \times T^0/234.5 + T^0}) (1 - HR) + 0.21T^0 - 2.30$$

Dónde:

ETP = evapotranspiración diaria en mm/día

T^o = temperatura promedio durante las horas del día en °C.

HR = humedad relativa media durante las horas del día en decimal

3.1.9. Método de Jensen-Haise. Jensen-Haise, (1963). La ecuación combina un enfoque de balance de energía con coeficientes determinados empíricamente. El método es ampliamente usado por su simplicidad. Este método usa como variables de entrada la radiación y la temperatura media. Se aplicará las seis fórmulas se calcularan los totales anuales de ETo de las estaciones y en cada una de estas se obtendrán valores de evapotranspiración para cada año.

Ecuación 7

$$\mathbf{ETP = (0.078 + 0.0252 T^o) Rs/L}$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial en centímetros/día.

T^o = temperatura media diaria en °C

Rs = radiación solar incidente en cal/cm².día

L = calor latente de vaporización, cal/cm³

$$L = 595.9 - 0.55T^o$$

3.2. Análisis estadísticos

Se realizaron los análisis estadísticos con los resultados de la evapotranspiración potencial (ETP) calculada para las estaciones meteorológicas correspondientes a la región y la comparación de las medias de la evaporación de tanque.

3.2.1. Regresión lineal: En la regresión existe una sola variable independiente (en este caso la evaporación real) y la relación entre la variable dependiente respecto a la independiente sigue una función lineal de la siguiente forma:

Ecuación 11.

$$Y = B_0 + B_1X$$

Dónde:

Y = es la variable dependiente

X= es la variable independiente.

B_0 = es la ordenada en el origen e indica el valor de la variable

B_1 = es el coeficiente de regresión lineal. Álvarez (1995).

3.2.2. Coeficiente de determinación R^2 : es la relación que existe entre la suma de cuadrados de la regresión y la suma de cuadrados de Y.

Ecuación 12.

$$R^2 = \frac{[(n \sum_{i=1}^n x_1 y_1) - (\sum_{i=1}^n x_1) * (\sum_{i=1}^n y_1)]}{(n \sum_{i=1}^n x_1^2 - (\sum_{i=1}^n x_1)^2)((n \sum_{i=1}^n y_1^2 - (\sum_{i=1}^n y_1)^2)}$$

Dónde:

Y= es el valor simulado y corresponde al valor en Y

X_1 = es el valor observado y corresponde al valor en X

Sagaro & Macias, (2005).citado por Vargas (2010) indica que algunos autores han propuesto los rangos que se muestran en la Cuadro I, para la Interpretación del coeficiente de determinación (R^2).

CUADRO I. RANGOS PARA INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN SAGARO & MACIAS (2005).

Coeficiente de Determinación (R^2)	Relación entre las Variables analizadas
0.00 - 0.06	Nula, escasa o despreciable
0.07 - 0.25	Débil, baja
0.26 - 0.56	Moderada
0.57 - 0.81	Fuerte, alta
0.82 - 1.00	Muy fuerte, muy alta

Fuente: Sagaro & Macias (2005)

Se emplearon estos rangos en el estudio para el análisis de resultados, ya que existe una relación en los estudios anteriormente mencionados.

Estás metodología se empleó, para el análisis estadístico por regiones.

3.2.3. La Desviación Estándar Ávila (S.F), dada la dificultad inherente de interpretar el significado de una varianza en virtud de que expresa valores elevados al cuadrado, para efectos de investigación es más adecuado utilizamos la desviación estándar o desviación típica, definida como la raíz cuadrada de la varianza. La desviación estándar se expresa mediante la:

Ecuación 8

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}{N}} = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde:

$\sum X^2$ = Suma de los cuadrados de cada puntuación

$(\sum X)^2$ = Suma de las puntuaciones elevadas al cuadrado

N = Número de casos.

σ = Desviación Estándar

3.2.4. Coeficiente de correlación de Pearson Ávila (S.F.): es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. En el caso de que se esté estudiando dos variables aleatorias X y Y sobre una población; el coeficiente de correlación de Pearson se simboliza con la letra $\rho_{x,y}$ siendo la expresión que nos permite calcularlo:

Ecuación 9

$$\rho_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

σ_{xy} = es la covarianza de (X,Y)}

σ_x = es la desviación típica de la variable X

σ_y = es la desviación típica de la variable Y

3.2.5. Varianza: La varianza es una medida de variabilidad que toma en cuenta el 100 % de las puntuaciones de manera individual. Webster (1998) la define como “la media aritmética de las desviaciones respecto a la media aritmética elevada al cuadrado. La definición matemática de la varianza se expresa por medio de la:

Ecuación 10

$$\sigma^2 = \frac{\sum X^2}{N}$$

Donde:

σ^2 = Varianza.

Σ = Sumatoria

X^2 = Desviación de las puntuaciones de la media $(\bar{X}-X)$

N = Número de casos.

3.2.6. Prueba estadística "t" de Student: Se utilizará para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos, es decir que se utiliza cuando deseamos comparar dos medias.

Especificamos el nivel de la probabilidad (nivel de la alfa, nivel de la significación, p) que estamos dispuestos a aceptar ($t_c < .05$ es un valor común que se utiliza). Ávila, (S.F)

3.3. Procedimientos de Cálculo para determinación de la evapotranspiración de los Cultivos. Aguilar (S.F)

1. Se determinó las etapas de desarrollo del cultivo, la duración de cada etapa y se seleccionó los valores correspondientes de K_c . (Cuadro XXVIII), que corresponde al valor de este coeficiente cuando el cultivo cubre toda la superficie del suelo con su masa foliar.

Es posible definir una función temporal del coeficiente del cultivo (K_c), de acuerdo con la etapa fenológica, para la mayoría de los cultivos agrícolas, de tal manera que:

- a. el valor de K_c en el momento de la brotación (especies polianuales, como árboles frutales) o de la emergencia (cultivos anuales) es de 0.15
- b. cuando la planta inicia su actividad reproductiva (floración), el valor del coeficiente K_c es de $0.5 * K_c$ máximo
- c. cuando la semilla de la planta tiene una viabilidad fisiológica de germinar y producir una planta nueva, el valor del coeficiente K_c corresponde al valor máximo **ANEXOS E**
- d. Se ajusto los valores de coeficiente de cultivo (K_c) seleccionados según la frecuencia de riego o las condiciones climáticas durante cada etapa.
- e. Calcular ET_c como el producto de ET_p y K_c

4.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Área de influencia

Las actividades del Pacífico Central y Occidental de las provincias de Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos, Coclé se basa principalmente en la producción agrícola y ganadera que se extiende cada día más. El crecimiento de este sector ha ocasionado un incremento de la demanda del recurso hídrico.

El propósito de evaluar esta zona es identificar el comportamiento de los distintos métodos empíricos para determinar la evapotranspiración potencial bajo diferentes condiciones climáticas y topográficas. El estudio se desarrolló con base en la información disponible registrada en las estaciones meteorológicas.

La estimación de la evapotranspiración potencial por medio de las metodologías definidas, se realizó para cada una de las estaciones climatológicas empleadas en el presente estudio que son operadas por ETESA.

4.2. Estaciones meteorológica seleccionadas

El análisis se realizó de manera separada para cada uno de las estaciones operada por ETESA en las zonas de influencia ya establecidas. Finalmente se escogió para cada estación con registros históricos medio que contara con información completa de evaporación, precipitación, brillo solar, humedad relativa, temperatura, radiación solar y velocidad del viento.

4.3. Método de evapotranspiración de referencia (ET_o) de referencia.

Hay varios métodos de ET_o que utiliza diferentes elementos climáticos y algunos lo omiten, por este motivo se debe seleccionar un método adecuado que incluyan todos los elementos climáticos y que sea confiable.

Para este estudio se escogió el método de evaporación de tanque tipo A, debido a que según la Organización Meteorológica Mundial recomienda como el instrumento de referencia, puesto que su respuesta ha sido estudiada en variadas condiciones climáticas y para un amplio intervalo de valores de latitud y elevación. OMM N° 449 & Quíntela, (1962)

4.4. Confección de planillas para los métodos de cálculos

Luego de definir la información climatológica histórica para cada estación, se programó en Excel las ecuaciones correspondientes a cada uno de los métodos aplicados, según los criterios establecidos en el Capítulo 3 Métodos de estimación de la evapotranspiración.

4.5. Análisis de datos

Para realizar el estudio, se examinó que las estaciones tuvieran los mismos años de registros, para lograr hacer los análisis por años o décadas, debidos a la falta de registro en algunas estaciones no se logró. Finalmente se utilizaron los datos con los registros históricos que tuvieran más de 10 años, para hacer un análisis confiable.

Otros de los criterios que se tomo en cuenta fue los datos históricos de los elementos climáticos tuvieron congruencias uno con otros. Una vez conocidos los criterios, se confecciono una tabla con la información requerida para cada estación. Ver ANEXOS A.

Con base a las consideraciones anteriores se dividió el área de estudio en regiones, por lo que los análisis se realizaron de esta manera.

En ANEXOS B. se presenta los valores promedios mensuales diarios de la evapotranspiración potencial (mm/día) por medio de las metodologías definidas en capítulo 3 segmento 3.1.3, (ecuaciones empíricas), para la estaciones definidas en ANEXOS I.

En los ANEXOS B. se desarrollo de esta manera, la primera columna en el lado izquierdo se encuentra las elevaciones y los meses, en la segunda columna se localiza la evaporación de referencia (datos de evaporímetro tanque) seguido por los métodos de evapotranspiración definidos anteriormente.

Analizando los mismo ANEXOS las estaciones que no presenta los valores de la evapotranspiración potencial es debido a la falta de datos de los elementos climáticos, específicamente la radiación solar; los métodos que tienen esa característica son Penman, Hargreaves, Jensen Haise.

Los datos que se presentan en los ANEXOS B. son los valores de Evapotranspiración Potencial (mm/día), muestran que en los meses de enero, febrero, marzo y abril, tienen valores mayores como es de esperar por ser época seca, mientras en la época lluviosa se muestra la disminución de la ETP.

Los datos que se muestra en los ANEXOS B.se realizaron para hacer los análisis estadísticos para determinar la precisión de los métodos establecidos en el estudio.

Los análisis estadísticos mediante la regresión lineal y Coeficiente de Determinación (R^2) para las cuatro (4) estaciones de la región de Chiriquí, continuado con las seis (6) estaciones región de la Veragua, las dos (2) estaciones correspondientemente a las regiones Herrera y Los Santos, finalizando con las cuatro (4) estaciones de la región de Coclé.

Para determinar la precisión y concordancia de los diferentes métodos estudiados se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: desviación estándar, coeficiente de correlación de Pearson, varianza, prueba estadística "t" de student, indicando el mayor o menor grado de paralelismo entre los valores medios y calculados de la evaporación.

4.5.1. Chiriquí

La provincia de Chiriquí se destaca por desarrollar su sector agropecuario y más en la región del pacífico central y occidental; por esta razón existen grandes conflictos entre los usuarios por el uso y la disponibilidad del agua.

Por este motivo el cálculo adecuado de la ETP es de gran importancia para la producción agropecuaria, especialmente para la producción y planificación logrando el uso eficiente del recurso hídrico evitando los conflictos que hay hoy día.

Siguiendo la metodología de Vargas, (2010), los valores de R^2 del cuadro II. mayores a 0.5 se encuentran subrayados y se resalta en negrita el coeficiente de determinación más alto para cada estación, con el fin de mostrar el método que genera el mejor R^2 de manera más frecuente. Las celdas vacías de la tabla indican que el método no pudo ser calculado debido a la falta de registros de información climatológica en la respectiva estación y por este motivo no se presenta valor de R^2

En el estudio se decidió realizar un análisis detallado de aquellos métodos que presentan una relación moderada, fuerte o muy fuerte entre la evapotranspiración potencial (ETP) y la evapotranspiración de referencia (ET_o). Según el cuadro I. de rangos para interpretación del coeficiente de determinación, el rango de aceptación de R^2 estaría entre 0.26 y 1.00 pero el límite inferior de dicho rango se definió como 0.50 teniendo en cuenta que coeficientes de determinación menores no demuestran un buen ajuste de los datos al modelo de regresión.

CUADRO II. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA CHIRIQUÍ.

ESTACIONES METEOROLOGICA	Penman	Blanney-Criddle	Hargreaves	Thorntwaite	García-López	Jensen-Haise
David	0.99	0.02	<u>0.98</u>	<u>0.56</u>	<u>0.97</u>	<u>0.98</u>
Relación	Muy fuerte	Nulo	Muy fuerte	Moderada	Muy fuerte	Muy fuerte
Remedio	-	0.01	-	<u>0.51</u>	0.86	-
Relación	Nulo	Nulo	Nulo	Moderada	Muy fuerte	Nulo
Gualaca	<u>0.83</u>	0.03	<u>0.62</u>	0.46	0.97	<u>0.64</u>
Relación	Muy fuerte	Nulo	Fuerte	Moderado	Muy fuerte	Fuerte
Tolé	<u>0.93</u>	0.06	<u>0.87</u>	0.37	0.94	<u>0.85</u>
Relación	Muy fuerte	Nulo	Muy fuerte	Débil	Muy fuerte	Muy fuerte

Fuente: Elaboración propia

Según la información del cuadro I, los métodos Penman, Hargreaves, García-López y Jensen-Haise son los que presentaron coeficientes de determinación R^2 de fuerte a muy fuerte, es decir mayores a 0.5, entre los métodos Penman y García López tienen el R^2 más alto, Hargreaves y Jensen Haise se presenta con una relación fuerte teniendo como opción cuando los dos anteriores no pueden ser aplicados. El método de Blanney-Criddle muestran un menor ajuste, con coeficientes de determinación R^2 menores a 0.50 en el 100% de los casos analizados; mientras que el método de Thorntwaite está en el límite aceptable en el 50% de los casos presentados.

Según el panel de expertos de la FAO (2006), el método combinado de Penman-Monteith se recomienda como el método estandarizado para la estimación de la evapotranspiración de referencia. A pesar que en el estudio no se está utilizando

métodos modificados o combinados se realizó la comparando de los resultado de esta región con este antecedente, indica que la método tiene buena relación entre la evaporación del tanque (ETP de referencia).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares al estudio realizado por Vargas (2010) en excusión que en este estudio se rechaza el método Thornthwaite.

Con la finalidad de obtener los métodos de ETP más adecuados por región se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: desviación estándar, coeficiente de correlación de Pearson, varianza, para obtener la prueba estadística "t" de student.

CUADRO III. PRUEBA ESTADISTICA PARA CHIRIQUÍ AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS

PRUEBA ESTADISTICA						
CHIRIQUÍ	Penman	Blanney–Criddle	Hargreaves	Thornthwaite	García-López	Jensen-Haise
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.85	0.27	0.61	0.47	0.78	0.72
COEFICIENTE CORRELACIÓN PEARSON	0.98	-0.25	0.96	0.63	0.98	0.95
VARIANZA	0.72	-0.22	0.37	0.22	0.61	0.52
FACTOR DE AJUSTES	1.12	1.38	1.05	1.13	1.21	1.37
PRUEBA "t" DE STUDENT						
TC	2.33	3.28	0.78	1.38	3.90	6.03
T (5%)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
RESULTADO	R	R	A	A	R	R

Fuente: Elaboración propia.

OBSERVACIÓN: A= APROBACIÓN, R= RECHAZADA

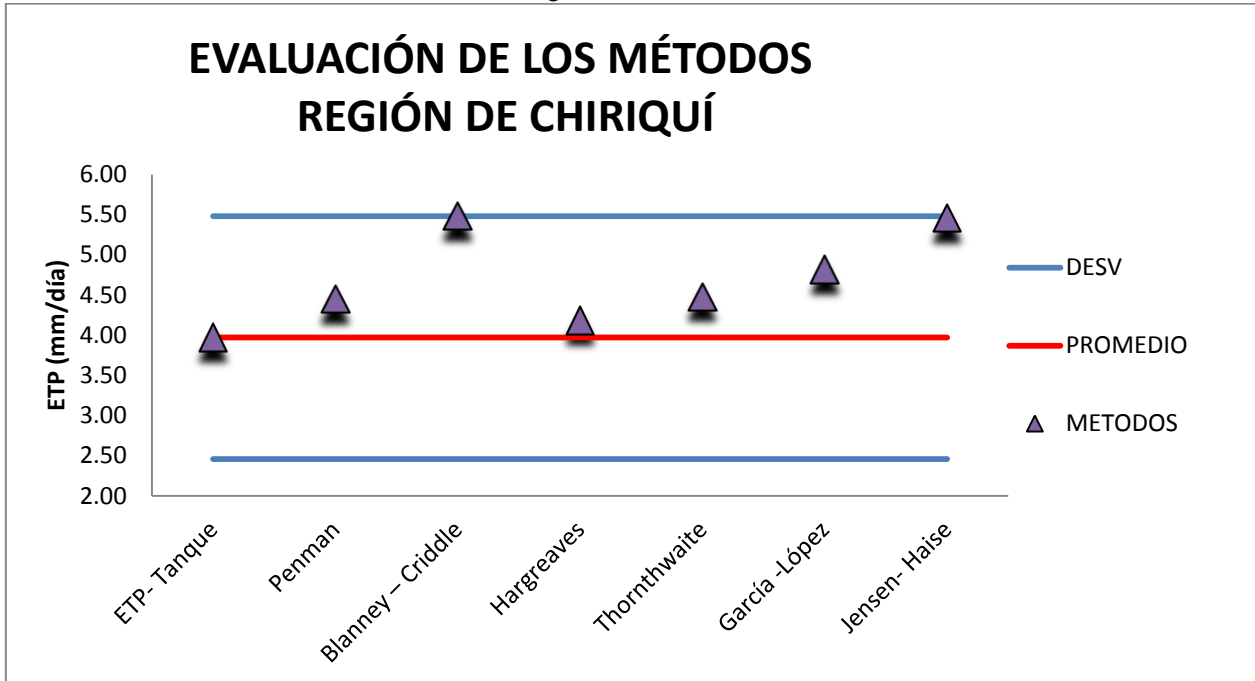
Los resultados presentados en el cuadro III, indican el grado de acercamiento entre los valores medidos y el calculado; además, este análisis permite comparar los resultados obtenidos en varios sitios, en algunos casos independiente del número de meses estudiado.

Por medio de la Prueba estadística "t" de Student, se determinó si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos (evaporación tanque vs métodos empíricos), por medio de la probabilidad se acepta si ($T_c < T_{5\%}$).

En el cuadro III. Se demuestra por medio de la prueba estadística "t" de Student que solo se acepta los métodos Hargreaves, Thornthwaite para la región de Chiriquí; asociando los resultados del cuadro II, el coeficiente de determinación se ajusta adecuadamente con la prueba estadística.

Para una mejor comprensión de los datos expresados en los cuadros se realizó una grafica de visualización Grafica I. por medio del promedio de la evaporación del tanque, se evaluaron los métodos para la región de Chiriquí realizando rangos altos y bajos con los datos de la desviación estándar

GRÁFICA I. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE



Fuente: Elaboración propia

En la grafica I. resultado que los métodos de Penman, Hargreaves y Thornthwaite son los que más se ajusta a la ET_0 ; donde se comprueba los datos de la prueba estadísticos "t" de Student se igualan con la excepción del método de Penman.

Coefficiente de determinación de los métodos de Penman, García- López, Jensen-Haise, Hargreaves

4.5.2. Veraguas

En la región pacífica central y occidental de la provincia de Veraguas se observa el desarrollo del sector agropecuario, igual que en la región anterior no escapa de los conflictos del uso y distribución del recurso hídrico. De igual forma se hace el estudio de ETP, por la importancia que tiene.

Se mantiene la metodología utilizada en la región anterior.

CUADRO IV. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.

ESTACIONES METEOROLOGICO	Penman	Blanney–Criddle	Hargreaves	Thornthwaite	García-López	Jensen-Haise
Ingenio la Victoria	<u>0.94</u>	0.03	0.98	<u>0.56</u>	<u>0.97</u>	0.98
Relación	Muy fuerte	Nulo	Muy fuerte	Moderada	Muy fuerte	Muy fuerte
Soná- Guarumal	-	0.21	-	0.21	0.95	-
Relación	Nulo	Débil	Nulo	Débil	Muy fuerte	Nulo
Santiago	0.98	0.00	<u>0.97</u>	0.33	<u>0.95</u>	<u>0.96</u>
Relación	Muy fuerte	Nulo	Fuerte	Moderado	Muy fuerte	Muy fuerte
Cañaza	-	0.04	-	0.10	0.93	-
Relación	Nulo	Nulo	Nulo	Débil	Muy fuerte	Nulo
Las Palmas	-	0.00	-	<u>0.53</u>	0.94	-
Relación	Nulo	Nulo	Nulo	Moderada	Muy fuerte	Nulo
La yeguada	-	0.01	-	<u>0.58</u>	0.97	-
Relación	Nulo	Nulo	Nulo	Moderada	Muy fuerte	Nulo

Fuente: Elaboración propia

Según la información del cuadro I. Rangos para interpretación del coeficiente de determinación, los métodos Penman, Hargreaves, Thornthwaite García López y Jensen Haise son los que presentaron coeficientes de determinación R^2 fuerte a

muy fuerte, es decir mayores a 0.5, el método es García López por presentar el R^2 más alto indicando interacciona adecuadamente, Penman, Thornthwaite, Hargreaves y Jensen Haise tienen un muy fuerte coeficiente de determinación R^2 , pero se colocaron como una opción fuerte cuando el método anterior no pueden ser aplicados debido a que esta región tiene algunas estaciones que no toman la lectura de radiación solar o no tienen los implementos para medir este elemento climático. El método de Blanney-Criddle muestran un mal comportamiento general, con coeficientes de determinación R^2 menores a 0.50 en el 100% de los casos analizados.

El estudio de realizado por Benavides& Burbano (1986) indica que el método de García López para las condiciones de Colombia presenta buena concordancia en comparación con los métodos que se aplicaron en ese estudio. Mostrando así que los resultados de este estudio son similares al estudio anterior.

Para está región se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: desviación estándar, coeficiente de correlación de Pearson, varianza, prueba estadística "t" de student, para conocer el grado de asociación de ET_0 y los métodos de ETP.

Los resultados presentados en el cuadro V. Determina el grado de acercamiento entre los valores calculado; además, esté análisis permite comparar los resultados obtenidos en varios sitios, en algunos casos independiente del número de meses estudiado.

CUADRO V. PRUEBA ESTADISTICA PARA VERAGUAS AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS

PRUEBA ESTADISTICA						
VERAGUA	Penman	Blanney– Criddle	Hargreaves	Thorntwaite	García- López	Jensen- Haise
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.86	0.29	0.67	0.43	0.65	0.75
COEFICIENTE CORRELACIÓN PEARSON	0.97	-0.25	0.97	0.51	0.97	0.96
VARIANZA	0.74	0.08	0.44	0.18	0.43	0.56
FACTOR DE AJUSTES	1.08	1.27	1.02	1.02	1.08	1.31
PRUEBA "t" DE STUDENT						
TC	1.89	2.57	0.45	0.28	1.41	6.20
T (5%)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
RESULTADO	A	R	A	A	A	R

Fuente: Elaboración propia

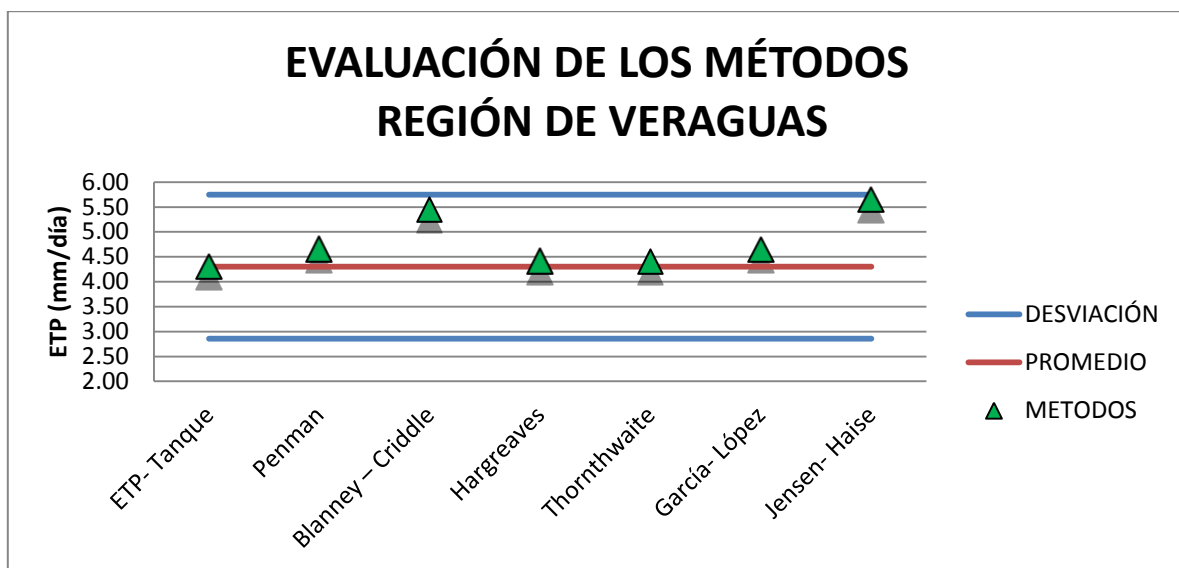
OBSERVACIÓN: **A**= APROBACIÓN, **R**= RECHAZADA

Por medio de la Prueba estadística "t" de Student, se determinó si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos (evaporación tanque vs métodos empíricos), por medio de la probabilidad se a aceptar si ($T_c < T_{5\%}$).

En el cuadro V. Prueba estadística para Veraguas al comparar los métodos estudiados, se demuestra por medio de la prueba estadística "t" de Student que solo se acepta los métodos Penman, Hargreaves, Thorntwaite y García-López para la región de Veraguas; relacionando los resultados del cuadro IV, el coeficiente de determinación se ajusta adecuadamente con la prueba estadística, indicando que los datos de los elementos climáticos son adecuados.

Por medio de la visualización grafica se puede tener mejor comprensión de los datos expresados en los cuadros se realizó. La grafica II. por medio del promedio de la evaporación del tanque, se evaluaron los métodos para la región de Veraguas realizando rangos altos y bajos con los datos de la desviación estándar

GRÁFICA II. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE



Fuente: Elaboración propia

En la grafica I. los resultados de los métodos de Hargreaves, y Thornthwaithe son los que más se ajusta a la ET_0 ; seguido por Penman y García López. Comprobando los datos de las prueba estadísticos con la grafica se puede decir que los métodos de análisis son adecuados al estudio.

4.5.3. Herrera

Siendo la región de Herrera uno de los mayores productores de cultivos para la exportación se caracteriza por ser diferente climáticamente debido a que tiene más meses secos por efecto del arco seco y el cambio climático, produciendo problemas al sector agropecuario por la escasez del agua.

Después de las consideraciones anteriores se refleja la importancia de conocer el método de ETP mejor ajustado para esta región, hecha la observación anterior se utilizo la metodología de Vargas (2010), para conocer los mejores métodos ETP por medio de los valores de R^2 ; en el cuadro VI. Coeficiente de determinación entre la evaporación tanque y evapotranspiración, se presenta los resultado obtenido por el coeficiente de determinación R^2 . En este mismo cuadro se encuentra subrayado los resultados mayores a 0.5 y se resalta en negrita el coeficiente de determinación más alto para cada estación.

Las celdas vacías del cuadro indican que el método no pudo ser calculado debido a la falta de registros de información climatológica en la respectiva estación y por este motivo no se presenta valor de R^2

Para tener un estudio detallado de aquellos métodos que presentan una relación moderada, alta o muy alta entre la ETP y la ETo. Se utilizó el cuadro I. Rangos para interpretación del coeficiente de determinación que según Vargas (2010) presenta el rango de aceptación de R^2 que estaría entre 0.26 y 1.00 pero el límite inferior de dicho rango se definió como 0.50 teniendo en cuenta que coeficientes

de determinación menores no demuestran un buen ajuste de los datos al modelo de regresión.

CUADRO VI. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.

ESTACIONES METEOROLOGICA	Penman	Blanney–Criddle	Hargreaves	Thorntwaite	García-López	Jensen-Haise
Divisa	0.98	0.01	<u>0.97</u>	<u>0.90</u>	<u>0.88</u>	<u>0.96</u>
Relación	Muy fuerte	Nulo	Muy fuerte	Muy fuerte	Fuerte	Muy fuerte
Chepo Esc. Graja	-	0.09	-	0.38	0.81	-
Relación	Nulo	Nulo	Nulo	Moderada	Fuerte	Nulo

Según la información del cuadro VI. Coeficiente de determinación de las regresiones entre la evaporación tanque y evapotranspiración, es evidente que los métodos Penman, Hargreaves, Thorntwaite García-López y Jensen-Haise son los que presentaron coeficientes de determinación R^2 de fuerte a muy fuerte, es decir mayores a 0.5, se escoge los métodos de Penman y García López por presentar el R^2 más alto para la región, Hargreaves, Thorntwaite y Jensen Haise se presenta como la mejor opción cuando los dos anteriores no pueden ser aplicados; a pesar que tienen un buen coeficiente se colocaron como secundario por que estos métodos están limitados por la radiación solar. El método de Blanney-Criddle muestran un mal comportamiento general, con coeficientes de determinación R^2 menores a 0.50 en el 100% de los casos analizados.

Robles (2004), realizó un estudio sobre las características hidroedáficas donde calculó la ETP por diferentes métodos para evaluar el arco seco, teniendo como

resultado que el método de García López demostró que tiene una amplia aceptación para la época lluviosa, tomando como ejemplo el antecedente presentado el método de García López es el mejor para esta región a pesar que no se realizó el análisis por época del año.

Según el panel de expertos de la FAO (2006), el método combinado de Penman-Monteith se recomienda como el método estandarizado para la estimación de la evapotranspiración de referencia. A pesar que en el estudio no se está utilizando métodos modificados o combinados se realizó la comparando de los resultados de esta región con esta información, indica que el método se puede aplicar por tener uno del coeficiente de determinación alto.

Para esta región se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: desviación estándar, coeficiente de correlación de Pearson, varianza, prueba estadística "t" de student, para conocer el grado de asociación de ET_0 y los métodos de ETP.

Los resultados presentados en el cuadro VII. Determina el grado de acercamiento entre los valores calculado; además, este análisis permite comparar los resultados obtenidos en varios sitios, en algunos casos independiente del número de meses estudiado

CUADRO VII. PRUEBA ESTADISTICA PARA HERRERA AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS

PRUEBA ESTADISTICA						
HERRERA	Penman	Blanney– Criddle	Hargreaves	Thornthwaite	García- López	Jensen- Haise
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.85	0.28	0.67	0.42	0.51	0.79
COEFICIENTE CORRELACIÓN PEARSON	0.99	-0.22	0.98	0.40	0.93	0.98
VARIANZA	0.73	0.08	0.45	0.18	0.26	0.62
FACTOR DE AJUSTES	1.06	1.25	1.01	0.98	0.99	1.33
PRUEBA "t" DE STUDENT						
TC	1.48	2.43	0.18	-0.18	-0.18	7.07
T (5%)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
RESULTADO	A	R	A	A	A	R

Fuente: Elaboración propia

OBSERVACIÓN: **A**= APROBACIÓN, **R**= RECHAZADA

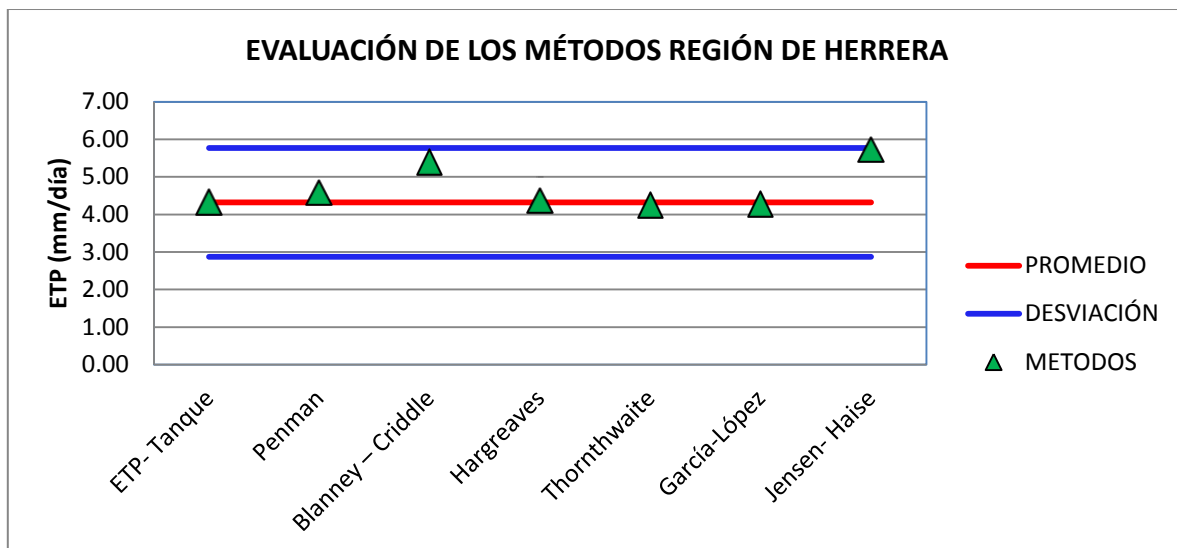
Por medio de la prueba estadística "t" de Student, se determinó si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos (evaporación tanque vs métodos empíricos), por medio de la probabilidad se a aceptar si ($T_c < T_{5\%}$).

En el cuadro VII. Prueba estadística para Herrera al comparar los métodos estudiados, se demuestra por medio de la prueba estadística "t" de Student que solo se acepta los métodos Penman, Hargreaves, Thornthwaite y García-López para la región de Herrera; En referencia a la clasificación anterior relacionando los resultados del cuadro VI, el coeficiente de determinación se ajusta adecuadamente con la prueba estadística, con excepción del método Jensen

Haise que según el coeficiente de determinación R^2 es alto considerando como aceptable.

Por medio de la visualización grafica se puede tener mejor comprensión de los datos expresados en los cuadros realizados. La grafica III. Evaluación de los métodos de ETP por medio del promedio del ET_0 evaporación tanque, por medio del promedio de la evaporación del tanque, se evaluaron los métodos para la región de Herrera realizando rangos altos y bajos con los datos de la desviación estándar.

GRÁFICA III. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE



Fuente: Elaboración propia

La grafica III. Presenta que los métodos de Penman, Hargreaves y Thornthwaite y García-López son los que más se ajusta a la ET_0 ; donde se comprueba los datos de la prueba estadísticos resultando con buen grado de asociación.

4.5.4. Los Santos

De igual manera que la región anterior descrita se caracteriza por tener condiciones parecidas. La región de Los Santos, produce cultivos para la exportación y se caracteriza por tener meses muy durante la estación seca, produciendo problemas al sector agropecuario por la escasez del agua.

Por esta razón se necesita conocer el método de ETP mejor ajustado para esta región. Hecha la observación anterior se utilizó la metodología de Vargas, (2010) para conocer los mejores métodos ETP por medio de los valores de R^2 . En el cuadro VI, se presentan los resultados obtenidos con el coeficiente de determinación (R^2), en este mismo cuadro se encuentra subrayado los resultados mayores a 0.5 y se resalta en negrita el coeficiente de determinación más alto para cada estación.

Las celdas vacías del cuadro indican que el método no pudo ser calculado debido a la falta de registros de información climatológica en la respectiva estación y por este motivo no se presenta valor de R^2

Para tener un estudio detallado de aquellos métodos que presentan una relación moderada, alta o muy alta entre la ETP y la ETo., se utilizó el cuadro I, presenta el rango de aceptación de R^2 que estaría entre 0.26 y 1.00 Vargas, (2010), pero el límite inferior de dicho rango se definió como 0.50 teniendo en cuenta que coeficientes de determinación menores no demuestran un buen ajuste de los datos al modelo de regresión.

CUADRO VIII. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.

ESTACIONES METEOROLOGICA	Penman	Blanney -Criddle	Hargreaves	Thornthwaite	García -López	Jensen-Haise
Tonosí	-	0.01	-	<u>0.86</u>	0.99	-
Relación	Nulo	Nulo	Nulo	Moderada	Muy fuerte	Nulo
Los Santos	0.96	0.05	0.96	<u>0.93</u>	<u>0.94</u>	0.96
Relación	Muy fuerte	Nulo	Muy fuerte	Muy fuerte	Muy fuerte	Muy fuerte

Fuente: Elaboración propia

Según la información del cuadro VIII, es evidente que los métodos Penman, Hargreaves, Thornthwaite García López y Jensen Haise son los que presentaron coeficientes de determinación R^2 buenos, es decir mayores a 0.5, los mejores métodos son Thornthwaite y García- López en esta región por presentar el R^2 más alto. Los métodos Penman, Hargreaves, Jensen-Haise se presentan como la mejor opción cuando los dos anteriores no pueden ser aplicados; a pesar que tienen un buen coeficiente se colocaron como secundarios por que estos métodos están limitados por la radiación solar de igual manera para el método. El método de Blanney-Criddle muestran un mal comportamiento general, con coeficientes de determinación R^2 menores a 0.50 en el 100% de los casos analizados.

Robles, (2004.) realizó un estudio sobre las características hidroedáficas donde calculo la ETP por diferentes métodos para evaluar el arco seco, teniendo como resultado que el método de García - López demostró que tiene una amplia aceptación para la época lluviosa, tomando como ejemplo el antecedente presentado el método de García-López es el mejor para esta región a pesar que no se realizo el análisis por época del año. El mismo autor señala que la

evaluación del método de Thornthwaite resulto menos apropiada para esta región, al realizar una comparación de resultado se observa que hay discrepancia en los mismo esto se debe a que el autor citado utiliza la ecuación directa logrando variabilidades en la respuesta.

Según el panel de expertos de la FAO (2006), el método combinado de Penman-Monteith se recomienda como el método estandarizado para la estimación de la evapotranspiración de referencia. A pesar que en el estudio no se está utilizando métodos modificados o combinados se realizó la comparación de los resultados de esta región con esta información, indicando que el método se puede aplicar siempre y cuando tenga los datos de radiación debido a que tiene unos de los coeficientes de determinación más altos; pero no en todas las estaciones evaluada se pudo realizar por la limitante que hay.

Para está región también se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: desviación estándar, coeficiente de correlación de Pearson, varianza, prueba estadística "t" de student, para conocer el grado de asociación de ET_0 y los métodos de ETP.

Los resultados presentados en el cuadro VII, muestra el grado de acercamiento entre los valores calculado; además, esté análisis permite comparar los resultados obtenidos en varios sitios, en algunos casos independiente del número de meses estudiado.

CUADRO IX. PRUEBA ESTADISTICA PARA LOS SANTOS AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS

PRUEBA ESTADISTICA						
LOS SANTOS	Penman	Blanney–Criddle	Hargreaves	Thorntwaite	García-López	Jensen-Haise
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.09	0.38	0.77	0.73	0.83	0.91
COEFICIENTE CORRELACIÓN PEARSON	0.99	-0.18	0.99	0.84	0.99	0.99
VARIANZA	1.19	0.14	0.59	0.53	0.68	0.82
FACTOR DE AJUSTES	1.42	1.87	1.38	1.60	1.60	1.79
PRUEBA "t" DE STUDENT						
TC	2.96	2.34	0.85	2.94	3.52	5.57
T (5%)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
RESULTADO	R	R	A	R	R	R

Fuente: Elaboración propia

OBSERVACIÓN: **A**= APROBACIÓN, **R**= RECHAZADA

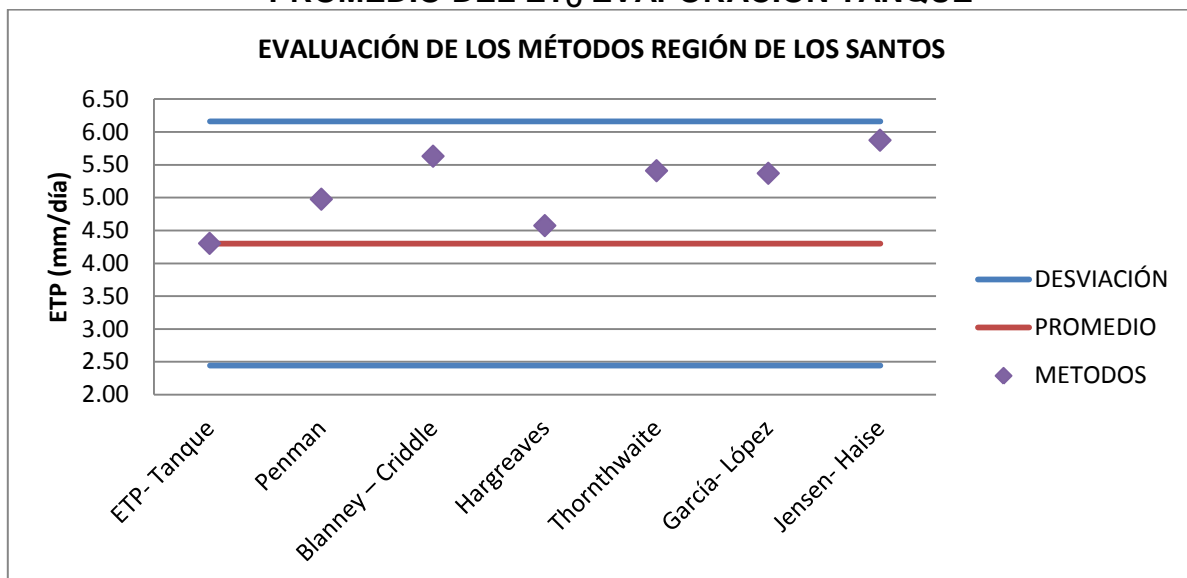
Por medio de la Prueba estadística "t" de Student, se determinó si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos (evaporación tanque vs métodos empíricos), por la probabilidad estadística se acepta si ($T_c < T_{5\%}$).

En el cuadro IX. Se demuestra por medio de la prueba estadística "t" de Student que solo se acepta el método de Hargreaves, para la región de Los Santos; En referencia a la clasificación anterior relacionando los resultados del cuadro VIII, el coeficiente de determinación no se ajusta a la prueba estadística, con excepción al método de Hargreaves que en ambas dan buenos resultados, esto indica que hay diferencia significativa en los métodos estudiados con la ETo.

Según Cruz, (S.F), con el estudio estimación de la evapotranspiración real (ETR) para la cuenca del río la antigua, Veracruz (Venezuela) la fórmula de Hargreaves son de gran importancia los dos máximos que se alcanzan hacia la parte baja de la misma. En base a lo citado anteriormente se comprende porque fue Hargreaves el método más adecuado para esta región

La visualización gráfica nos permite tener mejor comprensión de los datos expresados en los cuadros se realizó. La grafica IV, por medio del promedio de la evaporación del tanque, se evaluaron los métodos para la región de Los Santos realizando rangos altos y bajos con los datos de la desviación estándar.

GRÁFICA IV. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE



Fuente: Elaboración propia

La grafica IV, muestra que el método de Hargreaves es el que más se ajusta a la ET_0 ; donde se comprueba los datos de la prueba estadísticos resultando con buen

grado de asociación. Este resultado se debe a que la desviación estándar se encuentra muy alejada de la media, teniendo un coeficiente de variación amplia.

4.5.5. Coclé

Esta región también tiene la tendencia de desarrollar el sector agropecuario en el área pacífica central y occidental de la provincia, sin escapar del problema del uso y disponibilidad del agua.

Comprendiendo la referencia descrita se manifiesta la importancia de conocer el método de ETP mejor ajustado para esta región, hecha la observación anterior se utilizó la metodología de Vargas, (2010) para conocer los mejores métodos de cálculo de ETP por medio de los valores de R^2 . En el cuadro X. se presentan los resultados obtenidos por el coeficiente de determinación R^2 . En este mismo cuadro se encuentra subrayado los resultados mayores a 0.5 y se resalta en negrita el coeficiente de determinación más alto para cada estación.

Las celdas vacías del cuadro indican que el método no pudo ser calculado debido a la falta de registros de información climatológica en la respectiva estación y por este motivo no se presenta valor de R^2

Para tener un estudio detallado de aquellos métodos que presentan una relación moderada, alta o muy alta entre la ETP y la ETo., se utilizó el cuadro I. que según Vargas, (2010) que presenta el rango de aceptación de R^2 que estaría entre 0.26 y 1.00 pero el límite inferior de dicho rango se definió como 0.50 teniendo en

cuenta que coeficientes de determinación menores no demuestran un buen ajuste de los datos al modelo de regresión.

CUADRO X. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN DE LAS REGRESIONES ENTRE LA EVAPORACIÓN TANQUE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.

ESTACIONES METEOROLOGICA	Penman	Blanney–Criddle	Hargreaves	Thornthwaite	García-López	Jensen-Haise
Ingenio Enrique Ensenat	0.89	0.44	<u>0.79</u>	<u>0.75</u>	<u>0.82</u>	<u>0.76</u>
Relación	Muy fuerte	Moderado	Fuerte	Fuerte	Muy fuerte	Fuerte
Ingenio Santa Rosa	0.94	0.05	<u>0.92</u>	0.01	<u>0.66</u>	<u>0.92</u>
Relación	Muy Fuerte	Nulo	Muy Fuerte	Nulo	Fuerte	Muy fuerte
Antón	<u>0.83</u>	0.03	<u>0.62</u>	0.46	0.97	<u>0.64</u>
Relación	Muy fuerte	Nulo	Fuerte	Moderado	Muy fuerte	Fuerte
Copé	-	0.08	-	0.01	0.43	-
Relación	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Moderado	Muy fuerte

Fuente: Elaboración propia

Según la información del cuadro X, es evidente que los métodos Penman, Hargreaves, Thornthwaite García López y Jensen Haise son los que presentaron coeficientes de determinación R^2 buenos, es decir mayores a 0.5, el mejor método es García López, Penman en esta región por presentar el R^2 más alto. Los métodos, Hargreaves, Jensen Haise y Thornthwaite se presentan como la mejor opción cuando los dos anteriores no pueden ser aplicados; a pesar que tienen un buen coeficiente se colocaron como secundarios por que estos métodos están limitados por la radiación solar. El método de Blanney-Criddle muestran un mal comportamiento general, con coeficientes de determinación R^2 menores a 0.50 en el 100% de los casos analizados.

Según Benavides & Burbano (1986) se recomienda utilizar una ecuación más sencilla como la de García- López, la cual demostró un buen comportamiento en la zona de estudio (Colombia) e involucra únicamente registros de temperatura y la humedad relativa. Con referencia a lo citado se confirma que el método de García- López es el más adecuado a pesar que el estudio anterior tiene condiciones climáticas diferentes.

Para esta región también se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: desviación estándar, coeficiente de correlación de Pearson, varianza, prueba estadística "t" de student, para conocer el grado de asociación de ET_0 y los métodos de ETP.

Los resultados presentados en el cuadro XI, determina el grado de acercamiento entre los valores calculado; además, este análisis permite comparar los resultados obtenidos en varios sitios, en algunos casos independiente del número de meses estudiado

CUADRO XI. PRUEBA ESTADISTICA PARA COCLÉ AL COMPARAR LOS MÉTODOS ESTUDIADOS

PRUEBA ESTADISTICA						
LOS SANTOS	Penman	Blanney- Cridle	Hargreaves	Thornthwaite	García- López	Jensen- Haise
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.95	0.28	0.66	0.48	0.48	0.77
COEFICIENTE CORRELACIÓN PEARSON	0.98	-0.25	0.97	0.28	0.90	0.97
VARIANZA	0.91	0.08	0.44	0.23	0.23	0.59
FACTOR DE AJUSTES	1.01	1.20	0.93	1.06	1.06	1.22

PRUEBA "t" DE STUDENT						
TC	0.24	2.16	-1.51	0.68	0.96	5.07
T (5%)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
RESULTADO	A	A	A	A	A	R

Fuente: Elaboración propia

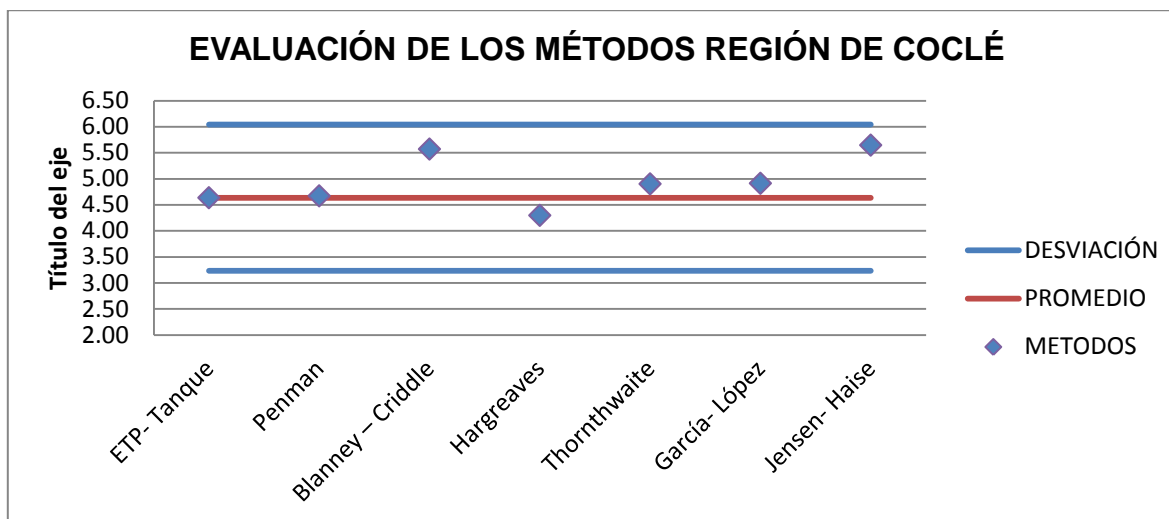
OBSERVACIÓN: A= APROBACIÓN, R= RECHAZADA

Por medio de la Prueba estadística "t" de Student, se determinó si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos (evaporación tanque vs métodos empíricos), por medio de la probabilidad se a aceptar si ($T_c < T_{5\%}$).

En el cuadro XI. Se demuestra por medio de la prueba estadística "t" de Student que solo se acepta los métodos Penman, Blanney–Criddle, Hargreaves, Thornthwaite y García-López para la región de Coclé; en referencia a la clasificación anterior relacionando los resultados del cuadro X, el coeficiente de determinación se ajusta adecuadamente con la prueba estadística, con excepción del método Blanney–Criddle que según el coeficiente de determinación R^2 es bajo considerando y no debe aceptarse como método de referencia.

Para mejor comprensión de los datos expresados en los cuadros se construyo la gráfica V. por medio del promedio de la evaporación del tanque, se evaluaron los métodos para la región de Coclé realizando rangos altos y bajos con los datos de la desviación estándar.

GRÁFICA V. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ETP POR MEDIO DEL PROMEDIO DEL ET_0 EVAPORACIÓN TANQUE



Fuente: Elaboración propia

La grafica IV. Los métodos de Penman, Thornthwaite y García-López son los que más se ajustan al ET_0 , teniendo discrepancia con los resultados de los otros análisis estadísticos.

4.6. Estimación de la evapotranspiración de los Cultivos (ETc)

Luego de establecer los métodos adecuados por región se realiza por medio del procedimiento descrito por Aguilar, (SF), para la estimación de la evapotranspiración del cultivo, en el Anexo C. estimación de la evapotranspiración de los cultivos establecidos anteriormente en los objetivo.

Según ANAM (2011) en Panamá se explota una superficie aproximadamente de 34, 963.89 há que se irrigan a través de diferentes técnicas. Por este motivo propusieron los cultivos de Caña de azúcar, palma aceitera, arroz y maíz, debido

a que son de los más cultivados en Panamá y con la mayor demanda del uso hídrico.

Los resultados del Anexo D. Estimación de la ETc obtenidos a través los coeficientes de cultivo nos permiten estimar la cantidad de agua que el cultivo requiere y entregarla en el momento preciso, por lo que en la práctica se producen ahorros de energía.

5.0 CONCLUSIONES

Se realizaron los cálculos por los métodos establecidos para las estaciones de las regiones mencionadas anteriormente, encantando limitaciones en los métodos de Penman, Hargraeves, Jensen Haise por la falta de la radiación solar.

El uso del método de Penman para las regiones establecidas es la más aceptada según los resultados obtenidos durante el estudio, cabe agregar que el mismo está limitado para las regiones donde solo exista toda la información meteorológica requerida por el método.

El segundo método con mejor aceptación es García López para las regiones establecidas manteniendo buena relación con la ETo durante el estudio, es importante resaltar que este método solo utiliza dos elementos climáticos, y se puede aplicar para toda la regiones, es decir no tiene limitación.

Los método Hargreaves y Jensen & Haise permitió obtener resultados satisfactorios, en las estaciones que tiene los datos de temperatura y radiación solar. Durante el análisis del estudio el método Hargreaves se observo que en las regiones más baja tuvo mejor aceptación como en la región de Los Santos.

Este método Jensen & Haise mantiene un coeficiente de determinación de muy fuerte a fuerte y se rechaza en le prueba T de Student, indicando gran variabilidad.

El método de Thornthwaite está en el límite de aceptación debido a que en muchas de las estaciones no presentaba buena relación con la ETo,

Con respecto al método de Blaney-Criddle se pudo comprobar que la misma no podría considerarse en ninguna de las regiones estudiadas por su baja relación que tiene con la ETo, en otros estudios se recomienda Blaney – criddle modificada, donde se utiliza la temperatura máxima y mínima.

Por la prueba estadística “t” de studens, se logró determinar los mejores métodos para la regiones teniendo como resultado para la región de Chiriquí los métodos más ajustados fueron Hargreaves y Thornthwaite, para la región de Veraguas se obtuvo que los métodos aceptados por la prueba estadística es Penman, Hargreaves, Thornthwaite y García- López, la región de Herrera se aprueban los métodos Penman, Hargreaves, Thornthwaite y García- López, por medio de la prueba estadística mencionada, para la región de Los Santos solo se aprueba el método de Hargreaves, la región de Coclé los métodos de Penman, Blaney-Criddle, Hargreaves, Thornthwaite y García- López son aprobadas para está región.

Después de establecer los métodos evapotranspiración de potencial y obtener el coeficiente de cultivo nos permite la determinación de la evapotranspiración de los cultivos, representando uno de los principales componentes del balance hídrico en una plantación agrícola, es decir, el balance entre las pérdidas y los aportes de

agua. Por lo tanto, calcular de manera precisa la evapotranspiración del cultivo nos permite entregar el agua en el momento correcto y en la cantidad adecuada

Los resultados de la evapotranspiración del cultivo para cada una de las regiones, muestra que para los meses de enero, febrero, marzo y abril, tiene los valores más altos donde implica la necesidad de más agua para los cultivos.

6.0 RECOMENDACIONES

1. Continuar con la investigación de evapotranspiración potencial para las regiones altas y seguir realizando más estudio sobre este tema de investigación, debido a la importancia que tiene para otros estudios.
2. Realizar investigaciones con métodos directo para medir la evapotranspiración a través de lisímetros para implementarlo como indicador de la evapotranspiración de referencia.
3. Existen otros métodos de evapotranspiración potencial y algunas modificaciones que pueden ser implementada en la misma área de influencia para ampliar el estudio.
4. Es esencial tener datos climáticos confiables debido a que dentro de la investigación se encontraron vacíos en los mismos, por esta razón se debe establecer número de años con datos completos para tener datos confiables.
5. Actualmente se están implementando estaciones nuevas, en lugares donde no se constaba con informaciones climáticas, el cual es necesario conocer la cantidad de datos para realizar el desarrollo de los métodos indirectos;

donde se recomienda datos tomados de 5 a 10 años para tener información confiables.

6. En la revisión de literatura indica que para que los datos sean confiable es recomendable tener registros de temperatura 10 años, humedad 3 años, nubosidad 4 años, lluvia 40 años, para zonas planicies y el trópico.
7. Realizar análisis de consistencia (doble masa) para lograr datos confiables.
8. Tener cuidado con los usos de software para calcular la ETP, ya que están realizadas para otros países y en algunos no concuerdan las latitudes formulando informaciones erróneas para los estudios.
9. De acuerdo a los resultados se recomienda los métodos de Penman, García-López, Hargreaves, Thornthwaite para el cálculo de la demanda de agua para los cultivos.

7.0 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUILAR N. SF. Material de clase. Métodos de cálculos de la evapotranspiración potencial y requerimiento de agua de los cultivos. P 1-20

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D; SMITH, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 56:1-79.

Ávila, H. S.F. Introducción a la Metodología de la Investigación. (En línea) <http://www.cyta.com.ar>. Consultado 12 de mayo del 2016

BATES, B.C., KUNDZEWICZ Z.W, WU. S, PALUTIKOF JP, (EDS), 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.

BENAVIDES, J; BURBANO L, 1986. Evaluación de varios métodos para calcular la evaporación en algunas regiones de Colombia. Volumen 9, p 93-103.

CHAMORRO, L. 2006. Los principales usos y problemas de los recursos hídricos In: BARROS, V; CLARKE, R; SILVA DIAS, P. El cambio climático en la cuenca del Plata. Buenos Aires: CONICET, p 111-123.

CLARKE, R. 2006. Análisis estadístico de eventos extremos en un contexto no estacionario In: BARROS, V; CLARKE, R; SILVA DIAS, P. El cambio climático en la cuenca del Plata. Buenos Aires: CONICET, p 209-226.

- CRUZ, D. S.F.** Estimación de la evapotranspiración real (ETR) para la cuenca del río la Antigua, Veracruz: estado actual y ante escenarios de cambio climático, p 70-80
- CRUZ, IA. 2013.** Análisis de la evapotranspiración potencial en función de elementos climáticos en la zona circunlacustre de la cuenca del Titicaca Peruano Yury Hamilton Huapaya, Revista ECI Perú Volumen 9, número 2 Marzo 2013
- DE JUAN, J. 1993.** Agronomía del Riego. Mundi - Prensa. Madrid.
- DOMINGO, F., VILLAGARCÍA, L., BRENNER, A.J.; PUIGDEFÁBREGAS, J. 1999.** Evapotranspiration model for semi-arid shrub-lands tested against data from SE Spain. Agricultural and Forest Meteorology 95: 67-84.
- DOOREMBOS J.; PRUITT, W. 1977.** Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrig. and Drain. Paper No. 24, 2nd ed., 156 pp.
- DOOREMBOS, J., PRUITT W.D. 1976.** La necesidad de agua de los cultivos, Estudio de la FAO. Riego y Drenaje, Boletín N° 24. EEUU.
- GARCÍA, J.; J. LÓPEZ. 1970.** Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15° N - 15° S). Agronomía Tropical 20(5): 335-345.
- HARGREAVES, G. 1956.** Irrigation water requirements based on climatic data. Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceeding Paper 1105 1-10. INAMHI. (2006)..
- HARGREAVES, G. H.; SUMANI, Z. A. 1985.** Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Eng. Agric. 8:96-99.

- IICA, ORSTOM 1985.** PROYECTO PARA ESTUDIO Y ZONIFICACIÓN AGROCLIMATICOS DEL IICA. INFORME FINAL. PRIMER ENCUENTO DE AGROCLIMATOLOGÍA CENTRO AMERICA, PANAMÁ Y HAITÍ. 22 – 26 de abril 1985. San José, Costa Rica. Serie ponencias, resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos N° 362. ISSN – 0253 – 4746. 57 P.
- IICA, 1985.** Compendio de Agronomía Tropical. Editorial IICA. San José Costa Rica. 827 p.
- IPCC 2007.** Cambio Climático 2007. Informe de síntesis (AR4) Grupo Intergubernamental de experto sobre el Cambio Climático, Universidad de Cambridge. USA. 104p
- JEMISON, J-M.; FOX H.R. 1994.** Nitrate leaching from nitrogen fertilizer and manured corn with zer-tension pan lysimeters. J. Environ. Qual. 23:337-343.
- JENSEN, M. E; HAISE, H. R. 1963.** Estimating evapotranspiration from solar radiation. J. Irrig. Drain. Div. ASCE 89(LR4). Proceedings of the America Society of Civil Engineers.15-41 pp.
- JONES, M.B., STREET J.E.; WILLIAMS W.A.. 1974.** Leaching and uptake of nitrogen applied to annual grass and clover-grass mixtures in lysimeters. Agron. J. 66:256-258.
- KHAN, L., GIL J; ACOSTA.R. 1998.** Diseño y funcionamiento de un lisímetro hidráulico para medición de la evapotranspiración potencial. Bioagro 10 (1): 11-18.
- LÓPEZ, J.; DENNETT.M ,2005.** Comparación de dos métodos para estimar la evapotranspiración de referencia (ET_o) en una zona semiárida de Venezuela. Bioagro 17(1): 41-46.

- MARTELO, M.T. 1989.** Selección de la fórmula de evapotranspiración mejor adaptada al área de Guanare - Masparro. Revista de la Facultad de Agronomía. 15 (3-4): 185-206, Caracas, Venezuela.
- MARTIN, E.C., LOUDON, T.L., RITCHIE, J.T.; WERNER. A 1994.** Use of drainage lysimeter to evaluate nitrogen and irrigation management strategies to minimize nitrate leaching in maize production. Trans. ASAE 37:79-83.
- MARTINEZ, R; BOUERI, M.A.; ESCALONA, P.2005.** Correlación entre la evaporación en tina y la evaporación calculada en cinco estaciones climatológicas. *Bioagro*, vol.17, n.2, pp.
- MÉNDEZ A.; E. ROJAS. 1973.** Los métodos más adecuados para estimar la evapotranspiración potencial en Venezuela. *Agronomía Tropical* 23(5): 445-449
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, 1976.** International Evaporimeter Comparisons. No. 449. Ginebra.
- OWENS, L.B. 1987.** Nitrate leaching losses from monolith lysimeters as influenced by nitrapyrin. *J. Environ. Qual.* 16:34-38.
- RITCHIE, J.T.; E. BURNETT. 1968.** A precision weighing lysimeter for row crop water use studies. *Agron. J.* 60:545-549
- ROBLES, J. 2004.** Evaluación de las características hidroedáficas de los suelos de Guarare, provincia de Los Santos, de referencia regional en el arco seco., p 85-90.

- RODRÍGUEZ, B. 2007.** La visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo. En vista Internacional de Sostenibilidad y Humanismo, n 2, p 85-107.
- SUÁREZ, J. 1990.** Determinación de la fórmula de evapotranspiración potencial que más se adapta al área de la cuenca del Lago de Valencia. MARNR. Caracas, Venezuela.
- THORNTHWAITE, C., WILM, H.; HARGREVE G. 1944.** Report of the Committee on transpiration and evaporation. Transactions American Geophysical Union, 25, 683-693.
- TURC, L. 1961.** Evaluation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climatic formula evolved up to date. Ann. Agron. , 12, 13-49.
- UNESCO 2008.** Balance hídrico superficial de Panamá. Periodo 1971 – 2002. Programa Hidrológico Internacional. Documento Técnico del PHI _ LAC N° 9.
- VALVERDE, J.C. 1998.** Riego y Drenaje. EUNED. Costa Rica. 200, 15-80
- VARGAS, A. 2010.** Evaluación de la relación entre la evapotranspiración potencial teórica y la evaporación registrada en los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca, p 85-107.

8.0. ANEXOS

ANEXO A. Estaciones con tanque tipo "A" en el Pacífico central y occidental de las regiones de Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos y Coclé.

CHIRIQUÍ			
Estaciones	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud
David (108-023)	27	8° 23' 48"	82°25' 42"
Remedios(112-001)	40	8° 14' 00"	81°50' 00"
Gualaca II (108-029)	100	8° 31' 20"	82°18' 03"
Tolé (114-011)	360	8° 25' 07"	81°37' 04"
VERAGUAS			
Estaciones	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud
Ingenio la Victoria (132-037)	30	8° 12' 00"	80°48' 00"
Soná-Guarumal (116-002)	47	7° 48' 00"	81°15' 00"
Santiago (120-002)	80	8° 05' 12"	81°56' 40"
Cañaza(118-002)	200	8° 18' 52"	81°12' 31"
Las Palmas (114-010)	358	8° 11' 58"	81°31' 20"
La yeguada- Calobre (132-006)	640	8° 27' 22"	80°51' 04"
HERRERA			
Estaciones	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud
Divisa (132-012)	12	8° 08' 25"	80°42' 15"
Chepo (122-006)	680	7° 43' 39"	80°49' 20"
LOS SANTOS			
Estaciones	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud
Tonosí (12 4-004)	12	7° 24' 00"	80° 27' 00"
Los Santos (128-001)	16	7° 56' 27"	80°25' 03"
COCLÉ			
Estaciones	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud
Ing. Enrique Ensenat (134-027)	10	8° 14' 00"	80°30' 00"
Ing. Santa Rosa (132-025)	26	8° 11' 00"	80°40' 00"
Antón (136-002)	33	8° 23' 00"	80°16' 00"
Copé (134-004)	400	8° 37' 26"	80°34' 51"

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B. DATOS CLIMÁTICOS

ANEXO B. I. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
David (108-023)	Ene.	187.10	36.80	27.00	16.50	275.50	1.40	32.50	67.70
	Feb.	216.50	37.30	27.80	17.50	262.00	1.80	17.80	62.60
	Marz.	236.00	37.50	28.50	17.80	270.50	1.70	36.20	62.40
	Abr.	188.80	38.00	28.30	19.50	216.20	1.30	94.60	69.60
	May.	136.80	36.40	27.40	20.50	160.40	1.00	321.60	79.60
	Jun.	114.20	35.60	27.00	20.50	128.30	0.90	310.60	81.10
	Jul.	119.30	35.80	26.90	19.80	141.10	0.90	291.80	80.50
	Ago.	118.00	36.20	26.80	17.00	148.60	0.90	350.30	81.10
	Sep.	116.80	35.40	26.60	18.50	135.40	0.90	386.30	82.10
	Oct.	111.70	33.20	26.30	20.00	139.50	0.90	409.20	83.80
	Nov.	105.50	34.20	26.30	18.00	154.50	0.80	274.90	82.80
	Dic.	133.10	35.20	26.50	17.00	218.70	1.00	77.50	75.50

	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Remedios (112-001)	Ene.	131.90	36.60	26.30	16.10	-	-	44.00	80.70
	Feb.	143.40	37.00	26.90	15.40	-	-	17.40	78.00
	Marz.	168.30	37.00	27.50	15.30	-	-	43.70	77.90
	Abr.	139.80	37.80	27.70	16.80	-	-	106.30	79.90
	May.	102.50	37.80	27.30	16.00	-	-	386.50	83.40
	Jun.	81.60	34.80	26.70	19.00	-	-	447.50	86.10
	Jul.	95.80	35.50	26.50	18.20	-	-	389.20	86.20
	Ago.	82.60	36.00	26.50	19.00	-	-	482.30	86.70
	Sep.	72.00	34.50	26.40	17.50	-	-	507.30	87.20
	Oct.	73.30	33.40	26.20	19.40	-	-	621.70	87.00
	Nov.	79.00	33.30	26.30	17.40	-	-	353.50	85.90
	Dic.	105.10	35.00	26.10	15.40	-	-	104.40	85.60

Fuente: Elaboración propia.

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Gualaca II (108-029)	Ene.	140.80	36.00	26.60	16.00	216.30	1.20	34.10	71.30
	Feb.	140.90	37.00	27.40	16.00	176.30	1.50	38.90	64.00
	Marz.	163.40	38.00	28.00	16.50	272.10	1.40	73.00	65.20
	Abr.	139.90	37.50	27.90	17.50	121.20	1.00	158.20	71.90
	May.	86.40	38.00	27.20	18.60	147.60	0.70	533.60	82.30
	Jun.	71.60	36.40	26.70	20.20	124.50	0.50	472.40	85.40
	Jul.	72.20	35.00	26.60	17.50	137.60	0.50	458.20	85.50
	Ago.	71.20	34.00	26.60	18.50	105.90	0.50	590.60	85.60
	Sep.	67.10	33.50	26.40	18.80	133.40	0.50	608.30	86.20
	Oct.	57.20	33.80	26.10	19.60	115.40	0.50	672.00	87.90
	Nov.	61.20	34.00	26.10	19.50	131.90	0.50	460.40	84.40
	Dic.	95.70	34.20	26.20	15.50	199.80	0.80	144.10	78.20

Fuente: Elaboración propia.

	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Tolé (114-011)	Ene.	178.10	35.00	25.00	14.00	200.80	-	20.40	66.40
	Feb.	184.60	37.00	25.70	13.50	181.40	-	9.20	62.00
	Marz.	178.40	37.50	26.20	12.00	185.50	-	37.10	61.80
	Abr.	163.00	37.50	26.60	14.50	168.40	-	91.80	69.40
	May.	102.70	35.50	26.00	16.00	127.10	-	367.00	81.60
	Jun.	75.70	35.00	25.30	16.00	102.70	-	446.10	85.30
	Jul.	80.00	34.00	25.10	15.50	106.30	-	336.10	84.60
	Ago.	71.20	34.00	25.00	15.50	106.10	-	409.00	84.70
	Sep.	63.50	34.50	24.70	15.50	100.40	-	490.20	87.10
	Oct.	57.80	34.00	24.60	15.50	75.90	-	498.00	87.70
	Nov.	88.20	36.50	24.70	15.00	106.60	-	265.70	84.10
	Dic.	120.30	34.50	24.80	14.00	178.80	-	63.90	73.80

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B II. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE VERAGUA.

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Ingenio la victoria (132-037)	Ene.	170.10	36.20	26.40	15.00	219.20	1.10	22.50	74.40
	Feb.	199.50	36.80	26.80	15.50	212.40	1.40	13.60	69.30
	Marz.	228.80	37.80	27.90	16.50	233.80	1.60	17.80	66.00
	Abr.	171.60	37.60	28.30	18.00	174.30	1.40	86.40	67.10
	May.	135.10	36.60	28.00	18.50	147.40	1.00	271.00	76.40
	Jun.	106.20	35.00	27.10	20.50	97.00	0.70	281.80	80.00
	Jul.	106.90	34.60	27.00	19.50	124.20	0.70	244.60	81.00
	Ago.	122.20	35.00	27.00	17.00	130.50	0.70	302.60	80.90
	Sep.	108.20	35.00	27.00	20.00	115.60	0.70	290.70	80.60
	Oct.	100.60	35.00	26.90	20.00	122.20	0.70	358.30	80.70
	Nov.	95.70	36.20	27.10	19.00	121.70	0.60	222.20	80.50
	Dic.	170.10	36.20	26.40	15.00	219.20	1.10	22.50	74.40
Soná-Guarumal (116-002)	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
	Ene.	172.10	37.20	26.60	13.50	-	-	22.30	72.30
	Feb.	180.00	38.20	27.50	16.00	-	-	16.80	69.30
	Marz.	196.10	38.60	28.10	15.60	-	-	37.50	68.90
	Abr.	165.10	38.40	28.30	16.00	-	-	114.90	73.20
	May.	111.80	38.80	27.60	17.20	-	-	365.30	82.90
	Jun.	91.30	36.20	27.10	17.00	-	-	321.00	86.10
	Jul.	97.30	35.40	27.00	17.00	-	-	262.50	85.70
	Ago.	96.10	36.00	27.10	17.00	-	-	337.20	85.90
	Sep.	93.20	35.40	26.80	18.20	-	-	333.10	86.30
	Oct.	76.00	34.60	26.50	17.40	-	-	493.50	87.60
	Nov.	91.90	36.40	26.70	17.00	-	-	342.40	85.20
Dic.	129.60	35.40	26.70	11.60	-	-	94.90	79.10	
Santiago (120-002)	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
	Ene.	193.00	37.00	26.70	2.80	235.10	1.40	23.30	66.00
	Feb.	216.00	38.00	27.50	15.60	243.30	1.80	16.30	60.60
	Marz.	232.40	39.40	28.30	16.60	247.60	1.80	20.30	59.40
	Abr.	203.70	39.40	28.50	16.80	202.60	1.50	103.10	64.40
	May.	140.00	38.40	27.80	18.00	160.00	1.10	325.10	76.80
	Jun.	114.80	36.60	27.20	19.40	124.60	0.90	299.10	82.00
	Jul.	118.60	36.40	27.00	19.80	133.20	0.90	239.80	81.20
	Ago.	120.90	35.60	26.90	18.80	139.10	0.90	320.10	81.00
	Sep.	112.50	36.40	26.70	18.20	128.00	1.00	342.90	82.90
	Oct.	111.50	35.20	26.50	17.80	129.80	1.10	392.20	84.90
	Nov.	107.10	35.20	26.50	19.00	139.30	1.00	262.00	82.90
Dic.	133.50	36.00	26.60	16.40	182.20	1.00	91.80	74.90	

Fuente: Elaboración propia.

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Cañaza(118-002)	Ene.	177.20	35.80	25.80	12.00	-	-	23.00	72.70
	Feb.	196.30	36.60	26.50	14.50	-	-	5.40	68.60
	Marz.	227.30	37.80	27.10	12.40	-	-	38.50	68.40
	Abr.	188.10	37.40	27.50	12.60	-	-	98.70	71.30
	May.	124.90	36.40	27.10	15.00	-	-	328.60	80.60
	Jun.	100.50	35.00	26.60	11.80	-	-	348.90	83.90
	Jul.	112.60	35.40	26.40	16.80	-	-	272.80	83.70
	Ago.	107.70	35.00	26.40	13.60	-	-	383.90	83.70
	Sep.	98.90	35.80	26.10	14.50	-	-	461.10	85.60
	Oct.	91.10	34.40	26.00	17.60	-	-	469.50	86.30
	Nov.	94.70	34.60	26.00	14.40	-	-	298.50	84.60
	Dic.	135.40	36.60	25.80	12.20	-	-	98.80	78.30
Las Palmas Ojo de Agua (114-010)	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
	Ene.	181.40	34.80	25.80	16.00	-	-	26.60	72.20
	Feb.	187.50	36.20	26.70	15.00	-	-	13.50	66.80
	Marz.	185.90	36.40	27.30	14.00	-	-	46.80	67.10
	Abr.	165.80	36.80	27.20	17.00	-	-	121.10	73.80
	May.	123.70	34.80	26.00	14.00	-	-	420.30	86.20
	Jun.	108.70	34.00	25.50	14.50	-	-	393.80	89.50
	Jul.	112.40	34.00	25.40	16.50	-	-	330.60	88.50
	Ago.	106.00	33.20	25.40	15.00	-	-	420.00	89.20
	Sep.	98.00	32.60	25.10	15.50	-	-	492.80	90.00
	Oct.	99.40	32.50	25.00	15.50	-	-	534.50	90.60
	Nov.	99.80	32.00	25.10	17.20	-	-	351.10	89.40
Dic.	135.80	34.00	25.30	14.00	-	-	115.90	81.30	
La yeguada-Calobre (132-006)	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
	Ene.	120.60	34.20	23.20	10.00	-	0.80	21.00	76.20
	Feb.	142.70	34.00	23.90	11.10	-	0.70	8.30	73.80
	Marz.	165.20	36.60	24.30	10.00	-	0.60	26.30	72.30
	Abr.	139.90	36.50	24.30	11.10	-	0.40	95.10	76.00
	May.	81.20	35.60	23.60	11.10	-	0.40	368.40	84.40
	Jun.	70.50	32.80	23.00	12.20	-	0.40	448.20	87.60
	Jul.	73.90	32.80	23.10	12.20	-	0.40	335.70	86.60
	Ago.	66.70	33.80	23.00	13.00	-	0.40	473.30	86.90
	Sep.	59.90	32.80	22.60	12.20	-	0.40	587.40	89.00
	Oct.	60.50	31.40	22.50	12.20	-	0.40	591.20	89.80
	Nov.	59.60	37.00	22.60	12.20	-	0.40	318.80	87.30
Dic.	93.70	33.60	23.00	11.10	-	0.50	95.50	81.30	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B III. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE HERRERA

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Divisa (132-012)	Ene.	164.30	36.80	26.80	15.60	-	1.10	16.80	71.40
	Feb.	182.10	38.50	27.50	14.80	-	1.40	1.30	66.50
	Marz.	212.50	39.00	28.20	16.20	-	1.40	11.50	64.60
	Abr.	177.20	39.00	28.80	16.00	-	1.20	46.70	67.10
	May.	121.40	39.00	28.40	18.00	-	0.80	212.90	77.40
	Jun.	95.30	39.20	27.70	16.80	-	0.70	215.10	82.60
	Jul.	103.90	36.40	27.50	17.40	-	0.60	169.00	82.10
	Ago.	102.40	36.80	27.50	18.80	-	0.60	208.40	82.80
	Sep.	95.70	37.40	27.30	18.90	-	0.70	253.90	83.90
	Oct.	94.60	36.00	27.10	16.80	-	0.80	296.90	85.00
	Nov.	91.90	35.00	27.00	18.00	-	0.60	225.30	84.30
	Dic.	125.60	36.40	26.80	16.40	-	0.80	67.40	78.30

Fuente: Elaboración propia.

	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Chepo (Esc.Granja) (122-006)	Ene.	121.2	32.8	23.7	16.2	-	-	-	-
	Feb.	130.7	33.4	24.3	15.7	-	-	-	-
	Marz.	145.4	33.6	24.8	14	-	-	-	-
	Abr.	127.3	34	25	14.3	-	-	-	-
	May.	87.8	33.2	24.2	14.3	-	-	-	-
	Jun.	70.1	33	23.8	17	-	-	-	-
	Jul.	74.3	33	23.6	15.5	-	-	-	-
	Ago.	76.1	33.4	23.6	16.1	-	-	-	-
	Sep.	69.7	33.6	23.3	16.4	-	-	-	-
	Oct.	65.7	29.8	23.1	15.8	-	-	-	-
	Nov.	72.9	29.8	23.2	17.2	-	-	-	-
	Dic.	91.4	30.2	23.3	15	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B IV. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE LOS SANTOS

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Los Santos (128-001)	Ene.	196.20	35.50	27.60	17.00	255.00	2.00	10.20	67.60
	Feb.	211.10	36.60	28.10	17.50	244.90	2.40	0.60	64.10
	Marz.	245.00	36.20	28.60	16.70	268.70	2.20	3.50	63.10
	Abr.	219.20	37.80	29.10	17.50	229.00	1.80	22.10	64.80
	May.	151.30	38.40	28.60	17.80	162.90	1.00	115.70	74.40
	Jun.	101.40	37.20	27.80	17.80	120.70	0.60	137.60	79.30
	Jul.	105.20	36.20	27.50	17.80	128.50	0.60	96.60	78.50
	Ago.	104.60	36.20	27.50	17.80	131.30	0.60	125.00	78.20
	Sep.	97.50	36.00	27.40	18.30	124.10	0.50	160.80	79.90
	Oct.	96.50	35.40	27.20	17.80	136.80	0.50	223.20	81.30
	Nov.	99.60	36.00	27.10	16.70	154.20	0.60	126.90	79.60
	Dic.	99.60	35.00	27.20	14.40	202.50	1.20	44.20	73.80

Fuente: Elaboración propia.

	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Tonosi (12 4-004)	Ene.	165.90	38.50	28.50	17.00	-	-	7.80	70.50
	Feb.	174.70	39.50	29.20	16.50	-	-	3.60	66.30
	Marz.	208.70	39.00	29.60	19.00	-	-	2.20	65.60
	Abr.	180.50	39.80	29.70	16.50	-	-	39.20	68.80
	May.	113.40	38.80	28.30	18.00	-	-	171.30	80.10
	Jun.	76.00	37.00	27.30	17.00	-	-	190.80	85.10
	Jul.	70.40	37.80	27.20	17.00	-	-	171.40	84.80
	Ago.	75.60	36.90	27.10	15.00	-	-	204.30	84.90
	Sep.	72.40	35.60	26.80	16.50	-	-	202.80	85.60
	Oct.	68.40	36.60	26.80	18.00	-	-	292.30	86.40
	Nov.	74.10	36.60	27.00	17.50	-	-	237.10	84.90
	Dic.	109.50	38.80	27.80	15.50	-	-	85.60	78.50

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B V. DATOS CLIMÁTICOS DE LA PROVINCIA DE COCLÉ

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Ingenio Enrique-Ensenat (134-027)	Ene.	180.20	34.20	27.40	18.00	201.90	-	2.70	180.20
	Feb.	193.40	34.00	27.40	18.00	177.60	-	0.00	193.40
	Marz.	198.00	37.50	28.00	18.00	200.50	-	1.90	198.00
	Abr.	168.30	36.50	29.00	21.00	189.10	-	18.70	168.30
	May.	124.80	35.50	28.60	21.50	156.30	-	89.60	124.80
	Jun.	92.40	34.50	28.10	21.80	104.90	-	147.80	92.40
	Jul.	101.80	35.00	27.70	21.30	102.60	-	120.60	101.80
	Ago.	85.80	34.50	27.80	20.50	86.10	-	119.70	85.80
	Sep.	85.40	34.00	27.60	20.20	102.10	-	226.70	85.40
	Oct.	60.20	33.00	26.90	18.00	116.20	-	231.40	60.20
	Nov.	82.10	33.00	27.60	20.90	127.00	-	97.40	82.10
	Dic.	93.60	32.50	26.90	20.20	147.00	-	40.70	93.60

Fuente: Elaboración propia.

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Ingenio Santa Rosa (132-025)	Ene.	195.70	37.40	26.90	15.00	238.30	1.50	4.80	77.00
	Feb.	197.30	38.80	27.20	16.00	234.60	1.90	1.40	73.90
	Marz.	212.90	39.20	27.90	15.50	233.00	2.00	11.00	72.50
	Abr.	191.40	38.60	28.80	16.50	209.00	1.70	28.90	72.40
	May.	149.20	38.60	28.40	17.50	138.00	1.20	194.20	78.90
	Jun.	113.60	36.40	27.90	19.00	105.00	1.00	208.30	81.80
	Jul.	117.50	37.80	27.50	18.20	120.40	0.90	165.30	82.50
	Ago.	119.00	37.40	27.50	18.50	130.70	0.90	173.30	84.10
	Sep.	104.90	36.60	27.40	19.50	114.70	0.90	268.50	84.70
	Oct.	106.00	35.40	27.10	17.50	128.40	0.90	317.90	84.70
	Nov.	112.60	35.00	27.00	16.50	133.20	0.70	188.50	84.40
	Dic.	145.10	36.20	26.80	16.00	203.30	1.10	64.20	80.70

Fuente: Elaboración propia.

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Copé (134-004)	Ene.	159.10	30.50	24.60	15.80	-	-	65.70	81.00
	Feb.	160.50	32.00	24.80	27.20	-	-	36.50	80.20
	Marz.	182.50	33.60	25.10	18.60	-	-	28.10	79.70
	Abr.	180.70	34.60	25.80	18.80	-	-	62.80	79.80
	May.	130.80	33.20	25.90	19.00	-	-	175.80	82.90
	Jun.	120.10	32.60	25.50	19.00	-	-	187.70	83.20
	Jul.	135.80	34.00	25.50	18.60	-	-	153.80	82.90
	Ago.	135.30	32.00	25.50	18.80	-	-	219.90	84.60
	Sep.	115.10	32.40	25.40	18.40	-	-	290.10	84.20
	Oct.	117.10	32.00	24.90	16.60	-	-	353.30	84.70
	Nov.	119.70	31.60	24.70	15.00	-	-	202.00	83.90
	Dic.	137.00	32.00	24.80	18.20	-	-	95.80	82.30

Fuente: Elaboración propia.

Estaciones	Meses	Evaporación Tanque(mm)	T° Max(°c)	T° (°c)	T° Min (°c)	Rad Solar (H)	Velocidad del viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Antón (136-002)	Ene.	197.20	36.00	27.60	19.50	247.00	2.20	27.20	71.50
	Feb.	215.50	37.60	28.20	19.20	239.30	2.70	5.50	67.20
	Marz.	241.50	37.20	28.80	18.00	248.30	2.80	7.00	65.50
	Abr.	202.30	38.40	29.10	20.00	209.30	2.40	45.60	67.30
	May.	141.80	37.80	28.30	17.60	150.20	1.20	173.80	77.00
	Jun.	108.80	38.00	27.70	17.00	99.50	0.80	187.70	81.90
	Jul.	117.20	35.20	27.50	17.50	115.90	1.00	173.30	80.60
	Ago.	114.00	37.80	27.40	19.50	119.40	0.80	192.30	81.80
	Sep.	107.10	36.40	27.20	19.50	115.90	0.60	198.10	83.20
	Oct.	103.90	37.00	27.00	19.50	119.40	0.60	261.90	84.00
	Nov.	108.70	37.00	27.10	18.60	131.30	0.80	220.10	82.20
	Dic.	141.90	35.60	27.30	20.00	194.20	1.40	87.60	76.60

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C. VALORES PROMEDIOS MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA).
OBTENIDOS A TRAVÉS DE LOS DISTINTOS METODOS

ANEXO CVI. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP
(MM/DÍA) PARA LA REGIÓN DE CHIRIQUÍ.

Estación: David (108-136)							
Elevación 27 msnm	Evaporímetro Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeves	Thorntwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	6.24	5.62	5.37	5.23	4.63	5.67	6.66
Feb.	7.73	6.48	5.11	5.81	5.25	6.33	7.39
Mar	7.61	6.62	5.76	5.94	5.83	6.60	7.61
Abr	6.29	5.76	5.90	5.34	5.82	5.98	6.91
May	4.41	4.53	5.84	4.34	5.17	4.94	5.69
Jun	3.81	4.08	5.81	3.88	4.91	4.71	5.15
Jul	3.85	4.21	5.79	4.02	4.81	4.73	5.29
Ago	3.81	4.35	5.72	4.20	4.69	4.66	5.49
Sep	3.89	4.24	5.58	4.10	4.51	4.53	5.37
Oct	3.60	4.02	5.40	3.92	4.23	4.33	5.15
Nov	3.52	3.99	5.30	3.91	4.20	4.40	5.14
Dic	4.29	4.62	5.29	4.44	4.29	4.96	5.74

Fuente: Elaboración propia.

Estación: Remedios (112-001)							
Elevación 40 msnm	ETP- Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeves	Trorntwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	4.40	-	5.28	-	4.39	4.54	-
Feb.	5.12	-	5.17	-	4.97	4.90	-
Mar	5.43	-	5.64	-	5.44	5.09	-
Abr	4.66	-	5.82	-	5.50	5.01	-
May	3.31	-	5.82	-	5.04	4.63	-
Jun	2.72	-	5.77	-	4.73	4.28	-
Jul	3.09	-	5.73	-	4.62	4.22	-
Ago	2.66	-	5.68	-	4.58	4.18	-
Sep	2.40	-	5.55	-	4.41	4.12	-
Oct	2.36	-	5.39	-	4.14	4.08	-
Nov	2.63	-	5.30	-	4.11	4.19	-
Dic	3.39	-	5.25	-	4.13	4.15	-

Fuente: Elaboración propia.

Estación: Gualaca (108-029)							
Elevación 100 msnm	ETP- Tanque	Penman	Blanney – Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	Garcia Lopez	Jensen- Haise
Ene	3.49	4.88	5.32	4.50	4.40	5.28	5.81
Feb.	3.75	5.35	4.94	4.55	4.97	6.08	5.93
Mar	3.95	6.34	5.70	5.89	5.44	6.2	7.51
Abr	3.62	4.55	5.85	4.04	5.50	5.67	5.38
May	2.24	4.24	5.81	4.16	5.03	4.69	5.48
Jun	1.94	3.82	5.78	3.81	4.72	4.33	5.05
Jul	1.90	3.94	5.75	3.95	4.62	4.29	5.2
Ago	1.87	3.70	5.70	3.66	4.58	4.29	4.87
Sep	1.82	4.02	5.56	4.06	4.41	4.19	5.30
Oct	1.51	3.59	5.37	3.61	4.14	4.00	4.79
Nov	1.66	3.65	5.28	3.62	4.11	4.23	4.8
Dic	2.45	4.30	5.25	4.19	4.14	4.68	5.44

Fuente: Elaboración propia.

Estación: Tolé (102-009)							
Elevación 360 msnm	ETP- Tanque	Penman	Blanney – Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	Garcia Lopez	Jensen- Haise
Ene	5.94	4.74	5.13	4.17	3.63	5.07	5.33
Feb.	6.59	5.29	4.86	4.44	4.02	5.60	5.68
Mar	5.75	5.42	5.48	4.58	4.32	5.79	5.88
Abr	5.43	4.99	5.68	4.52	4.66	5.41	5.84
May	3.31	3.97	5.66	3.80	4.36	4.39	5.00
Jun	2.52	3.52	5.59	3.43	4.01	3.96	4.54
Jul	2.58	3.56	5.55	3.45	3.87	3.95	4.55
Ago	2.30	3.63	5.49	3.52	3.79	3.92	4.62
Sep	2.12	3.54	5.34	3.49	3.61	3.69	4.56
Oct	1.86	3.12	5.19	3.02	3.49	3.62	4.05
Nov	2.94	3.34	5.11	3.22	3.51	3.87	4.27
Dic	3.88	4.12	5.09	3.83	3.53	4.54	4.95

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO VII. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA)
PARA LA REGIÓN DE VERAGUAS.**

Estación: Ingenio la Victoria (132-037)							
Ingenio la Victoria	ETP-Tanque	Penman	Blanney-Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen-Haise
Ene	5.49	4.77	5.29	4.71	4.23	5.00	5.83
Feb.	7.13	5.47	5.20	5.43	4.53	5.49	6.42
Mar	7.38	6.02	5.69	5.57	5.36	6.11	6.93
Abr	5.72	5.45	5.89	5.16	5.82	6.17	6.26
May	4.36	4.55	5.91	4.39	5.63	5.36	5.61
Jun	3.54	3.76	5.82	3.84	4.99	4.82	4.73
Jul	3.45	3.99	5.80	3.93	4.88	4.72	5.08
Ago	3.94	4.14	5.75	4.10	4.83	4.73	5.28
Sep	3.61	4.06	5.63	4.04	4.79	4.75	5.15
Oct	3.25	3.94	5.47	3.86	4.62	4.71	5.01
Nov	3.19	3.76	5.40	3.81	4.73	4.79	4.83
Dic	3.83	4.21	5.28	4.03	4.22	4.91	5.22
Estación: Soná-Guarumal (116-002)							
Soná-Guarumal	ETP-Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen-Haise
Ene	5.55	-	5.31	-	4.36	5.21	-
Feb.	6.43	-	3.68	-	5.01	5.72	-
Mar	6.33	-	5.71	-	5.51	5.96	-
Abr	5.50	-	5.92	-	5.83	5.70	-
May	3.61	-	5.89	-	5.33	4.76	-
Jun	3.04	-	5.85	-	5.00	4.39	-
Jul	3.14	-	5.83	-	4.88	4.39	-
Ago	3.10	-	5.78	-	4.91	4.40	-
Sep	3.11	-	5.61	-	4.65	4.29	-
Oct	2.45	-	5.42	-	4.35	4.12	-
Nov	3.06	-	5.34	-	4.45	4.34	-
Dic	4.18	-	5.31	-	4.40	4.77	-
Estación: Santiago (120-002)							
Santiago	ETP-Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen-Haise
Ene	4.68	5.32	5.33	4.75	4.42	5.68	6.10
Feb.	5.62	6.34	5.39	5.53	5.02	6.36	7.05
Mar	5.44	6.54	5.74	5.63	5.67	6.76	7.23
Abr	5.06	5.90	5.92	5.18	5.99	6.45	6.74
May	3.53	4.67	5.88	4.37	5.48	5.27	5.75
Jun	3.05	4.03	5.83	3.85	5.06	4.71	5.13
Jul	3.04	4.11	5.79	3.92	4.88	4.71	5.20
Ago	3.10	4.27	5.73	4.09	4.76	4.69	5.38
Sep	2.98	4.17	5.59	4.02	4.58	4.50	5.28
Oct	2.86	3.95	5.43	3.83	4.35	4.31	5.06
Nov	2.84	3.91	5.32	3.76	4.32	4.45	4.98
Dic	3.36	4.35	5.31	4.05	4.34	5.03	5.32

Fuente: Elaboración propia.

Estación: Cañaza (118-002)							
Cañaza	ETP- Tanque	Penman	Blanney- Criddle	Hargraeves	Thorntwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	5.72	-	5.22	-	3.95	4.93	-
Feb.	7.01	-	5.05	-	4.40	5.43	-
Mar	7.33	-	5.59	-	4.81	5.65	-
Abr	6.27	-	5.79	-	5.22	5.58	-
May	4.03	-	5.80	-	4.98	4.78	-
Jun	3.35	-	5.76	-	4.69	4.40	-
Jul	3.63	-	5.72	-	4.52	4.36	-
Ago	3.47	-	5.67	-	4.48	4.36	-
Sep	3.30	-	5.52	-	4.26	4.15	-
Oct	2.94	-	5.36	-	4.12	4.08	-
Nov	3.16	-	5.26	-	4.09	4.19	-
Dic	4.37	-	5.21	-	3.93	4.56	-
Estación: Las Palmas(114-010)							
Las Palmas	ETP- Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeves	Thorntwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	5.85	-	5.22	-	4.00	4.96	-
Feb.	6.70	-	5.18	-	4.55	5.63	-
Mar	6.00	-	5.62	-	4.95	5.81	-
Abr	5.53	-	5.75	-	5.02	5.30	-
May	3.99	-	5.65	-	4.33	4.09	-
Jun	3.62	-	5.62	-	4.08	3.74	-
Jul	3.63	-	5.59	-	3.99	3.78	-
Ago	3.42	-	5.54	-	3.95	3.73	-
Sep	3.27	-	5.39	-	3.76	3.61	-
Oct	3.21	-	5.24	-	3.63	3.54	-
Nov	3.33	-	5.15	-	3.66	3.64	-
Dic	4.38	-	5.15	-	3.72	4.22	-
Estación: La yeguada (132-006)							
La yeguada	ETP- Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeve s	Thorntwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	3.89	-	4.91	-	3.07	3.92	-
Feb.	5.10	-	4.62	-	3.36	4.27	-
Mar	5.33	-	5.24	-	3.54	4.48	-
Abr	4.66	-	5.39	-	3.64	4.26	-
May	2.62	-	5.35	-	3.38	3.56	-
Jun	2.35	-	5.30	-	3.17	3.22	-
Jul	2.38	-	5.30	-	3.19	3.31	-
Ago	2.15	-	5.24	-	3.12	3.26	-
Sep	2.00	-	5.08	-	2.94	3.05	-
Oct	1.95	-	4.93	-	2.85	2.98	-
Nov	1.99	-	4.85	-	2.87	3.14	-
Dic	3.02	-	4.87	-	2.98	3.58	-

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO VIII. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA)
PARA LA REGIÓN DE HERRERA**

Estación: Divisa (132-012)							
Divisa	ETP- Tanque	Penman	Blanney- Cridle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	5.30	5.04	5.34	4.73	2.84	5.34	6.09
Feb.	6.50	5.96	5.34	5.11	3.20	5.93	6.58
Mar	6.85	6.15	5.73	5.57	3.68	6.32	7.15
Abr	5.91	5.71	5.96	5.25	3.49	6.35	6.84
May	3.92	4.62	5.96	4.40	2.44	5.41	5.83
Jun	3.18	4.01	5.90	3.55	1.40	4.81	4.82
Jul	3.35	4.06	5.86	3.70	1.50	4.79	4.97
Ago	3.30	4.20	5.81	3.95	1.67	4.73	5.26
Sep	3.19	4.12	5.67	4.05	1.73	4.60	5.36
Oct	3.05	3.93	5.50	3.93	1.71	4.46	5.21
Nov	3.06	3.82	5.38	3.79	1.80	4.49	5.04
Dic	4.05	4.21	5.33	3.58	1.69	4.85	4.80

Fuente: Elaboración propia.

Estación: Chepo Las minas(122-006)							
Chepo	ETP- Tanque	Penman	Blanney- Cridle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	3.91	-	4.99	-	-	3.37	-
Feb.	4.67	-	4.32	-	-	3.71	-
Mar	4.69	-	5.30	-	-	3.94	-
Abr	4.24	-	5.48	-	-	3.92	-
May	2.83	-	5.43	-	-	3.46	-
Jun	2.34	-	5.40	-	-	3.27	-
Jul	2.40	-	5.36	-	-	3.21	-
Ago	2.45	-	5.32	-	-	3.20	-
Sep	2.32	-	5.17	-	-	3.08	-
Oct	2.12	-	5.04	-	-	2.98	-
Nov	2.43	-	4.95	-	-	3.05	-
Dic	2.95	-	4.93	-	-	3.17	-

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO C IV. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP
(MM/DÍA) PARA LA REGIÓN DE LOS SANTOS**

Estación: Tonosi (12 4-004)							
Tonosi	ETP-Tanque	Penman	Blanney-Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen-Haise
Ene	5.35	-	5.56	-	5.72	5.98	-
Feb.	6.24	-	4.71	-	6.40	6.56	-
Mar	6.73	-	5.90	-	6.86	6.76	-
Abr	6.02	-	6.08	-	7.16	6.53	-
May	3.66	-	5.96	-	5.89	5.17	-
Jun	2.53	-	5.85	-	5.10	4.51	-
Jul	2.27	-	5.83	-	4.97	4.51	-
Ago	2.44	-	5.77	-	4.85	4.47	-
Sep	2.41	-	5.61	-	4.57	4.34	-
Oct	2.21	-	5.49	-	4.47	4.28	-
Nov	2.47	-	5.40	-	4.58	4.44	-
Dic	3.53	-	5.47	-	5.12	5.14	-

Fuente: Elaboración propia.

Estación: Los Santos (128-001)							
Los Santos	ETP-Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen-Haise
Ene	6.33	5.79	4.99	5.09	5.01	3.37	6.37
Feb.	7.54	6.54	4.32	5.57	5.45	3.71	7.01
Mar	7.90	6.84	5.30	5.94	5.92	3.94	7.55
Abr	7.31	6.34	5.48	5.61	6.55	3.92	7.14
May	4.88	4.81	5.43	4.48	6.14	3.46	5.79
Jun	3.38	4.04	5.40	3.85	5.50	3.27	5.07
Jul	3.39	4.11	5.36	3.91	5.21	3.21	5.13
Ago	3.37	4.24	5.32	4.05	5.16	3.20	5.27
Sep	3.25	4.15	5.17	4.03	5.03	3.08	5.22
Oct	3.11	4.05	5.04	3.98	4.78	2.98	5.16
Nov	3.32	4.10	4.95	4.00	4.67	3.05	5.19
Dic	3.21	4.69	4.93	4.35	4.69	3.17	5.58

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO C V. VALORES PROMEDIO MENSUALES DIARIOS DE ETP (MM/DÍA)
PARA LA REGIÓN DE COCLÉ**

Estación: Ing Enrique Ensenat (134-027)							
Enrique Ensenat	ETP-Tanque	Penman	Blanney-Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen-Haise
Ene	5.81	5.20	5.41	4.43	4.87	5.53	5.80
Feb.	6.91	5.75	5.23	4.58	4.91	5.84	5.97
Mar	6.39	6.24	5.70	4.98	5.42	6.18	6.46
Abr	5.61	6.09	5.98	5.06	6.45	6.40	6.63
May	4.03	4.73	5.99	4.40	6.14	5.50	5.85
Jun	3.08	3.88	5.95	3.69	5.74	4.97	5.00
Jul	3.28	3.92	5.89	3.62	5.37	4.95	4.89
Ago	2.77	3.75	5.85	3.51	5.40	4.89	4.77
Sep	2.85	3.87	5.71	3.76	5.19	4.73	5.05
Oct	1.94	3.77	5.47	3.69	4.57	4.48	4.93
Nov	2.74	3.84	5.46	3.70	5.05	4.81	4.98
Dic	3.02	4.13	5.34	3.68	4.49	5.00	4.92
Estación: Santa Rosa (132-025)							
Santa Rosa	ETP-Tanque	Penman	Blanney-Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen-Haise
Ene	6.31	5.03	5.35	4.74	4.53	4.98	6.18
Feb.	7.05	5.72	5.26	5.52	4.78	5.29	6.78
Mar	6.87	5.92	5.69	5.62	5.35	5.62	6.92
Abr	6.38	5.79	5.96	5.18	6.26	5.93	6.90
May	4.81	4.46	5.96	4.37	5.96	5.29	5.55
Jun	3.79	3.92	5.93	3.85	5.59	4.92	4.96
Jul	3.79	3.99	5.86	3.93	5.22	4.76	5.11
Ago	3.84	4.14	5.81	4.09	5.18	4.64	5.36
Sep	3.50	4.00	5.68	4.02	5.05	4.57	5.20
Oct	3.42	3.95	5.50	3.83	4.73	4.49	5.13
Nov	3.75	3.77	5.38	3.76	4.63	4.48	4.98
Dic	4.68	4.40	5.33	4.05	4.44	4.68	5.61

Fuente: Elaboración propia.

Estación: Antón (136-002)							
Antón	ETP- Tanque	Penman	Blanney - Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	6.36	5.53	5.44	4.97	5.02	5.60	6.42
Feb.	7.70	6.42	5.17	5.49	5.54	6.12	7.07
Mar	7.79	6.66	5.8	5.69	6.10	6.47	7.35
Abr	6.74	6.31	6.00	5.35	6.54	6.44	6.97
May	4.57	4.52	5.95	4.30	5.87	5.41	5.71
Jun	3.63	3.86	5.91	3.59	5.40	4.86	4.86
Jul	3.78	4.08	5.86	3.77	5.20	4.90	5.05
Ago	3.68	4.18	5.80	3.89	5.08	4.78	5.19
Sep	3.57	3.97	5.66	3.90	4.88	4.62	5.19
Oct	3.35	3.89	5.48	3.74	4.64	4.51	4.99
Nov	3.62	3.86	5.40	3.71	4.68	4.66	4.96
Dic	4.58	4.65	5.39	4.24	4.78	5.13	5.58
Estación: Copé (134-004)							
Copé	ETP- Tanque	Penman	Blanney- Criddle	Hargraeves	Trornthwaithe	García López	Jensen- Haise
Ene	5.13	-	5.08	-	3.46	4.04	-
Feb.	5.73	-	4.56	-	3.58	4.14	-
Mar	5.89	-	5.34	-	3.75	4.26	-
Abr	6.02	-	5.58	-	4.22	4.46	-
May	4.22	-	5.65	-	4.31	4.28	-
Jun	4.00	-	5.62	-	4.12	4.15	-
Jul	4.38	-	5.61	-	4.09	4.17	-
Ago	4.36	-	5.56	-	4.05	4.06	-
Sep	3.84	-	5.43	-	3.96	4.06	-
Oct	3.78	-	5.23	-	3.64	3.89	-
Nov	3.99	-	5.11	-	3.52	3.89	-
Dic	4.42	-	5.09	-	3.54	4.01	-

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D. ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS

ANEXO IX. ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA CHIRIQUÍ

Método Hargraves	Región de Chiriquí															
	Caña de azúcar				Palma aceitera				Arroz				Maíz			
	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr
Día de los meses	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30
Evapotranspiración potencial (mm/día)	4.63	4.93	5.47	4.63	4.63	4.93	5.47	4.63	4.63	4.93	5.47	4.63	4.63	4.93	5.47	4.63
Coeficiente de cultivo	0.85	0.85	0.85	0.85	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15
Evapotranspiración del cultivo (mm/día)	3.94	4.19	4.65	3.94	4.86	5.18	5.74	4.86	5.09	5.42	6.02	5.09	3.24	3.45	3.83	3.24

Fuente: Elaboración propia

ANEXO X. ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA VERAGUAS

Método García López	Región de Veragua															
	Caña de azúcar				Palma aceitera				Arroz				Maíz			
	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr
Día de los meses	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30
Evapotranspiración potencial (mm/día)	4.95	5.48	5.80	5.58	4.95	5.48	5.80	5.58	4.95	5.48	5.80	5.58	4.95	5.48	5.80	5.58
Coeficiente de cultivo	0.85	0.85	0.85	0.85	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15
Evapotranspiración del cultivo (mm/día)	4.21	4.66	4.93	4.74	5.20	5.75	6.09	5.86	5.45	6.03	6.38	6.14	5.69	6.30	6.67	6.42

ANEXO XI. ESTIMACIÓN DE LA ET DE LOS CULTIVOS PARA HERRERA

Método Penman	Región de Herrera															
	Caña de azúcar				Palma aceitera				Arroz				Maíz			
	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr
Día de los meses	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30
Evapotranspiración potencial (mm/día)	5.07	5.83	6.01	5.77	5.07	5.83	6.01	5.77	5.07	5.83	6.01	5.77	5.07	5.83	6.01	5.77
Coeficiente de cultivo	0.85	0.85	0.85	0.85	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15
Evapotranspiración del cultivo (mm/día)	4.31	4.96	5.11	4.90	5.32	6.12	6.31	6.06	5.58	6.41	6.61	6.35	5.83	6.70	6.91	6.64

Fuente: Elaboración propia

ANEXO XII. Estimación de la ET de los Cultivos para Los Santos

Método Hargraves	Región de Los Santos															
	Caña de azúcar				Palma aceitera				Arroz				Maíz			
	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr
Día de los meses	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30
Evapotranspiración potencial (mm/día)	5.09	5.57	5.94	5.61	5.09	5.57	5.94	5.61	5.09	5.57	5.94	5.61	5.09	5.57	5.94	5.61
Coeficiente de cultivo	0.85	0.85	0.85	0.85	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15
Evapotranspiración del cultivo (mm/día)	4.33	4.73	5.05	4.77	5.34	5.85	6.24	5.89	5.60	6.13	6.53	6.17	5.85	6.41	6.83	6.45

Fuente: Elaboración propia

ANEXO XIII. Estimación de la ET de los Cultivos para Coclé

Método Penman	Región de Coclé															
	Caña de azúcar				Palma aceitera				Arroz				Maíz			
	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr	Ene	Feb.	Mar	Abr
Día de los meses	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30	31	28	31	30
Evapotranspiración potencial (mm/día)	5.25	5.96	6.27	6.06	5.25	5.96	6.27	6.06	5.25	5.96	6.27	6.06	5.25	5.96	6.27	6.06
Coeficiente de cultivo	0.85	0.85	0.85	0.85	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15
Evapotranspiración del cultivo (mm/día)	4.46	5.07	5.33	5.15	5.51	6.26	6.58	6.36	5.78	6.56	6.90	6.67	6.04	6.85	7.21	6.97

Fuente: Elaboración propia

ANEXO E. VARIABLES DE LOS POR METODOS

ANEXO XIV. PENDIENTE EN UN PUNTO DE LA CURVA DE PRESIÓN DE SATURACIÓN DE VAPOR – TEMPERATURA ($\Delta/\text{°C}$) Y PRESIÓN DE SATURACIÓN DE VAPOR ES EN MM HG.

T° C	$\Delta/\text{°C}$	es	T° C	$\Delta/\text{°C}$	es
10	1.23	9.21	25	2.78	23.76
15	1.64	12.79	26	2.92	25.21
16	1.73	13.63	27	3.03	26.74
17	1.82	14.53	28	3.23	28.35
18	1.92	15.48	29	3.40	30.04
19	2.03	16.48	30	3.57	31.82
20	2.14	17.53	31	3.75	33.70
21	2.26	18.65	32	3.93	35.66
22	2.38	19.83	33	4.12	37.73
23	2.51	21.07	34	4.32	39.90
24	2.64	22.38	35	4.53	42.18

ANEXO XV. COEFICIENTE DE REFLEXIÓN DE DIVERSAS SUPERFICIES Y CUBIERTAS VEGETALES (ADOPTADOS DE SELLERS, 1965 Y CHANG, 1968)

Superficie	Albedo, α
Agua	0.06 – 0.09
Nieve	0.75 – 0.90
Suelo oscuro	0.05 – 0.15
Suelo claro	0.25 – 0.45
Selva conífera	0.05 – 0.15
Selva decidua	0.10 – 0.20
Rastrojo	0.15 – 0.17
Nubes cumuliformes	0.70 – 0.90
Nubes estratos	0.60 – 0.85
Nubes alto estratos	0.40 – 0.60
Nubes cirroestratos	0.45 – 0.50
Pradera de gramíneas	0.15 – 0.27
Pradera de alfalfa	0.25 – 0.27
Trigo, centeno y cereales	0.10 – 0.25
Papa	0.15 – 0.27
Remolacha	0.25 – 0.27
Maíz	0.12 – 0.24
Algodón	0.17 – 0.25
Espinaca	0.24 – 0.28
Piña	0.05 – 0.08
Caña de azúcar	0.05 - 0.18

ANEXO XVI. RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE, RA VALORES MENSUALES PROMEDIOS EXPRESADOS EN CAL CM² DÍA-1 (LANGLEYS POR DÍA)

Latitud Norte	Ene	Feb	Ma.	Abr.	Ma.	Jun	Jul.	Ago	Sep	Oct.	Nov	Dic.
15	719	790	870	922	937	936	937	932	897	823	741	696
14	731	800	875	922	933	929	931	930	900	931	752	709
13	743	809	880	922	928	923	926	928	902	839	763	722
12	755	818	885	921	923	916	920	925	905	846	774	735
11	767	827	889	921	918	909	913	922	907	853	785	747
10	778	835	893	919	913	902	907	919	909	860	796	759
9	789	844	897	918	907	894	900	916	911	867	807	772
8	801	852	901	916	902	887	893	913	912	874	817	783
7	811	860	904	914	896	879	886	909	913	880	827	795
6	822	867	907	912	889	871	879	905	914	886	837	807
5	833	875	910	910	883	862	871	900	914	891	846	818
4	843	882	912	907	876	854	863	896	915	897	856	829
3	853	889	914	904	869	845	855	891	915	902	865	840
2	863	896	916	901	862	836	847	886	914	907	874	851
1	872	902	918	897	854	827	839	880	914	912	883	861
0	882	908	919	893	847	817	830	875	913	916	891	871

ANEXO E IV. DURACIÓN MÁXIMA POSIBLE DE LUZ DEL SOL PARA DIFERENTES MESES Y LATITUDES NORTE EXPRESADA EN UNIDADES DE 30 DÍAS DE 12 HORAS CADA UNO.

Latitud Norte	Ene.	Feb	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04

FUENTE: IICA, 1985.

Para encontrar la duración máxima posible de luz solar de cualquier mes multiplíquese 12 x 30 x coeficiente.

ANEXO E V. PORCENTAJE MENSUAL DE HORAS DE LUZ SOLAR CON RESPECTO AL TOTAL ANUAL HASTA 12° DE LATITUD NORTE.

Latitud Norte	Ene.	Feb	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
12°	8.08	7.40	8.44	8.43	8.84	8.64	8.90	8.78	8.27	8.28	7.85	8.05
10°	8.11	7.40	8.44	8.43	8.81	8.57	8.84	8.74	8.26	8.29	7.89	8.08
8°	8.13	7.41	8.45	8.39	8.75	8.51	8.77	8.70	8.25	8.31	7.89	8.11
6°	8.19	7.49	8.45	8.39	8.73	8.48	8.75	8.69	8.25	8.41	7.95	8.19
4°	8.20	7.58	8.45	8.33	8.65	8.40	8.67	8.63	8.21	8.43	7.95	8.20
2°	8.43	7.62	8.47	8.22	8.51	8.25	8.52	8.50	8.20	8.45	8.16	8.42
0°	8.49	7.67	8.49	8.22	8.49	8.22	8.49	8.49	8.19	8.49	8.22	8.49

FUENTE: IICA, 1985.

ANEXO E VI. COEFICIENTES ESTACIONALES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS (COEFICIENTE Kc), PARA CONDICIONES DE RIEGO. MINAE, (2004)

Cultivo	Duración de la estación normal de crecimiento	Coefficiente de ET del cultivo (Kc)
Cultivos anuales:		
Plátano	Todo el año	0.80 a 1.00
Porotos	3 meses	0.60 a 0.70
Cacao	Todo el año	0.70 a 0.80
Café	Todo el año	0.70 a 0.80
Maíz	4 meses	0.75 a 0.85
Algodón	7 meses	0.60 a 0.70
Cereales	3 meses	0.75 a 0.85
Sorgo	4 – 5 meses	0.70 a 0.80
Girasol	4 – 5 meses	0.65 a 0.75
Huertos frutales:		
Naranjas y limones	Todo el año	0.45 a 0.55
Cultivos industriales:		
Papas	3 – 5 meses	0.65 a 0.75
Arroz	3 – 5 meses	1.00 a 1.10
Sisal	Todo el año	0.65 a 0.70
Remolacha	6 meses	0.65 a 0.75
Caña de azúcar	Todo el año	0.80 a 0.90
Tabaco	4 meses	0.70 a 0.80
Tomates	4 meses	0.65 a 0.70

Fuente: MINAE, 2004

ANEXO E VII. DISTRIBUCIÓN "T" DE STUDENT PARA LA PRUEBA ESTADÍSTICA.

Distribución T de Student

k \ P	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9995
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,38	1,96	3,078	6,314	12,71	31,8	63,7	637
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,06	1,39	1,886	2,920	4,30	6,96	9,92	31,6
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,18	4,54	5,84	12,9
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,78	3,75	4,60	8,61
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,16	1,476	2,015	2,57	3,36	4,03	6,86
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,13	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71	5,96
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,12	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50	5,40
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,11	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,10	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,09	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17	4,59
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,09	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11	4,44
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,08	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06	4,32
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,08	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01	4,22
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,08	1,341	1,761	2,14	2,62	2,98	4,14
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,07	1,337	1,753	2,13	2,60	2,95	4,07
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,690	0,865	1,07	1,333	1,746	2,12	2,58	2,92	4,02
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,07	1,330	1,740	2,11	2,57	2,90	3,96
18	0,127	0,257	0,392	0,534	0,688	0,862	1,07	1,328	1,734	2,10	2,55	2,88	3,92
19	0,127	0,257	0,391	0,533	0,688	0,861	1,07	1,325	1,729	2,09	2,54	2,86	3,88
20	0,127	0,257	0,391	0,533	0,687	0,860	1,06	1,323	1,725	2,09	2,53	2,84	3,85
21	0,127	0,257	0,391	0,532	0,686	0,859	1,06	1,321	1,721	2,08	2,52	2,83	3,82
22	0,127	0,256	0,390	0,532	0,686	0,858	1,06	1,319	1,717	2,07	2,51	2,82	3,79
23	0,127	0,256	0,390	0,532	0,685	0,858	1,06	1,318	1,714	2,07	2,50	2,81	3,77
24	0,127	0,256	0,390	0,531	0,685	0,857	1,06	1,316	1,711	2,06	2,49	2,80	3,74
25	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,315	1,708	2,06	2,48	2,79	3,72
26	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,314	1,706	2,06	2,48	2,78	3,71
27	0,127	0,256	0,389	0,531	0,684	0,855	1,06	1,313	1,703	2,05	2,47	2,77	3,69
28	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,855	1,06	1,311	1,701	2,05	2,47	2,76	3,67
29	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,310	1,699	2,04	2,46	2,76	3,66
30	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,303	1,697	2,04	2,46	2,75	3,65
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,04	1,282	1,645	1,96	2,33	2,58	3,29

P ($T \leq t$) para k grados de libertad. Por ejemplo, para k = 2 grados de libertad, P ($T \leq 0,142$) = 0,55. P ($T \geq 0,142$) = 0,45.

Fuente: Ávila, H. S.F

ANEXO E VIII. COEFICIENTES DEL TANQUE EVAPORÍMETRO (KP) PARA EL TANQUE CLASE A PARA DIVERSAS LOCALIZACIONES Y AMBIENTES DE LOS TANQUES Y VALORES DE VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO Y DE HUMEDAD RELATIVA.

Tanque tipo A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada				Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo(1)			
		baja < 40	media 40 -70	alta > 70		baja < 40	media 40 -70	alta > 70
HR media (%)								
Velocidad del viento (m s-1)	Distancia del cultivo a barlovento (m)				Distancia del barbecho a barlovento (m)			
Baja < 2	1	0.55	0.65	0.75	1	0.7	0.8	0.85
	10	0.7	0.8	0.9	10	0.6	0.7	0.8
	100	0.7	0.8	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.5	0.6	0.7
Moderada 2 a 5	1	0.5	0.6	0.65	1	0.65	0.75	0.8
	10	0.6	0.7	0.75	10	0.55	0.65	0.7
	100	0.65	0.75	0.8	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.7	0.8	0.8	1000	0.45	0.55	0.6
Alta 5 a 8	1	0.45	0.5	0.6	1	0.6	0.65	0.7
	10	0.55	0.6	0.65	10	0.5	0.55	0.65
	100	0.6	0.65	0.7	100	0.45	0.5	0.6
	1000	0.65	0.7	0.75	1000	0.4	0.45	0.55
Muy alta > 8	1	0.4	0.45	0.5	1	0.5	0.6	0.65
	10	0.45	0.55	0.6	10	0.45	0.5	0.55
	100	0.5	0.6	0.65	100	0.4	0.45	0.5
	1000	0.55	0.6	0.65	1000	0.35	0.4	0.45

Fuente: FAO 2006.