



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TRABAJO EXPERIMENTAL

**PRESENTADO AL H. CONSEJO DIRECTIVO, COMO REQUISITO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

Tema:

**“Determinación de requerimientos hídricos del cultivo de pimiento
(*Capsicum annuum* L.), con la aplicación de láminas de agua calculadas
por tres métodos matemáticos”.**

Autor:

Walter Andrés Pendolema Jaramillo

Asesor:

Ing. Agr. Marlon Pazos Roldan, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO EXPERIMENTAL

**Presentado H. Consejo Directivo de
la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO

**“Determinación de requerimientos hídricos del cultivo de pimiento
(*Capsicum annum* L.), con la aplicación de láminas de agua calculadas
por tres métodos matemáticos”.**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Daniel Toro Castro, MSc.

PRESIDENTE


Ing. Agr. Cristina Maldonado Camposano MBA

VOCAL PRINCIPAL

Ing. Agr. Oscar Mora Castro MBA.

VOCAL PRINCIPAL

El contenido del presente trabajo, su investigación, resultados, conclusiones y recomendación es de exclusiva responsabilidad del autor.



Walter Andrés Pendolema Jaramillo

DEDICATORIA

A MI MADRE:

Quien estuvo hasta el último dándome ese apoyo moral, donde sus palabras de aliento para no desmayar fueron y serán importantes para este camino.

A MI ESPOSA:

Diana Sotomayor, el amor de mi vida, quien me apoyo de manera directa más que una novia mi amiga y compañera en esta linda profesión del Ing. Agrónomo, créelo sin ti no habría sido igual.

A TODOS:

Me gustaría dedicarles este trabajo experimental de los cuales aprendí y que sin dudarlo me apoyaron en este proceso, sin embargo, les reitero mi agradecimiento y mis respetos.

A MI GRAN AMIGO:

Fernando Becilla, quien no dudo en apoyarme, de esos amigos que ya no existen.

A MI CATEDRÁTICO:

Ing. Daniel Toro quien me ayudo a mejorar mi trabajo experimental desde un punto de vista diferente, aconsejándome hasta el final: “Esto no es un juego, ahora viene lo bueno, ser un profesional es ayudar al prójimo con base técnica y responsabilidad”.

“Si no hay pasión en tu vida, ¿has estado viviendo realmente? Encuentra tu pasión, sea lo que sea. Conviértete en ella y déjala convertirse en ti y te darás cuenta que grandes cosas pasarán para ti, por ti y gracias a ti.”

T. Alan Armstrong

Walter Andrés Pendolema Jaramillo

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo es la representación de un esfuerzo en conjunto, haber estudiado Ing. Agronómica en la Facultad de Ciencias Agropecuarias recaba el esfuerzo de toda una familia, el deseo innato de una superación y las ganas de ser un profesional para ayudar a esta patria el Ecuador y ¿porqué -no? al mundo entero. Le quiero agradecer a mis Padres Diana Jaramillo y Freddy Pendolema por el simple hecho de darme la vida y mostrarme que los objetivos que uno se plantea se los ejecuta con la jerarquía que los caracteriza, a mis hermanos Diana y Freddy y no obstante a un amigo en el camino Fernando Becilla quien siempre espero de mi lo mejor como persona, créeme amigo jamás olvidare tu apoyo.

A los "AGROLOCOS", mis compañeros de aula entre ellos Andrés García, Luis Carpio, Billy Mera, Kent Pazos, Ronny Game, Walter Minda, Vanessa Velásquez, Stalin Tapia, Alex Jara, Wladimir Vallejo, Jessica Pineda, Daniel Onofre, Lizbeth Burgos, Jonathan Chuez, Benito Mendoza, Jhon Vera, Mario Esparza, Jean Carlos Carbo, Jean Carlos Gaibor, John Miranda, Jairo Sanchez, Diana Santillan, no puedo dejarles de agradecer porque en ellos encontré a los amigos, los compañeros, los que te quieren y los que no te desean.

A mis catedráticos, que se esmeraron en soportarme durante todos los niveles, pero se las ingeniaron para dejar claro las dudas que se nos presentaban cada día, Ingenieros; Daniel Toro, Eduardo Colina, Maribel Vera, Adela Veloz, Rosa Guillen, Martha Uvidia, Xavier Romero, Milton Palacios, Otto Ordeñana, Oscar Mora, Antonio Alcívar, Eleonora Layana, Guillermo García, entre otros.

A mi esposa Diana, ella se volvió parte principal, inédita e importante dentro del marco profesional y sentimental de mi diario vivir.

Les reitero mi agradecimiento, sin ustedes no sería esta la historia que estoy viviendo.

Walter Andrés Pendolema Jaramillo

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos	2
	Objetivo general.....	2
	Objetivos específicos	2
II.	MARCO TEÓRICO	3
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1.	Ubicación y descripción del sitio experimental	15
3.2.	Material experimental	15
3.3.	Materiales de invernadero.....	15
3.4.	Factores estudiados	16
3.5.	Métodos.....	18
3.6.	Tratamientos	18
3.7.	Diseño experimental	19
3.8.	Análisis de la varianza	19
3.9.	Análisis funcional	19
3.10.	Manejo del trabajo experimental	19
3.10.1.	Riego.....	19
3.10.2.	Calculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) de los tres métodos.....	21
3.10.3.	Preparación del sustrato	22
3.10.4.	Semillero.....	22
3.10.5.	Trasplante.....	22
3.10.6.	Control fitosanitario.....	22
3.10.7.	Control de malezas.....	22
3.10.8.	Cosecha.....	22
3.11.	Datos evaluados	22
IV.	RESULTADOS	25
4.1.	Altura de planta.....	25
4.2.	Ancho de la hoja	26
4.3.	Largo de la hoja	27
4.4.	Número de hojas	28
4.5.	Número de flores.....	29
4.6.	Diámetro del tallo	30
4.7.	Número de frutos	31

4.8. Diámetro del fruto.....	32
4.9. Largo de los frutos	33
4.10. Peso de 10 frutos.....	34
4.11. Rendimiento.....	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
VI. RESUMEN - SUMMARY	38
VII. LITERATURA CITADA.....	42
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos estudiados, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	18
Cuadro 2. Análisis de la varianza	19
Cuadro 3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto) en mm	20
Cuadro 4. Datos del Kc del cultivo de pimiento	20
Cuadro 5. Altura de planta, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos,.....	26
Cuadro 6. Ancho de la hoja, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	27
Cuadro 7. Largo de la hoja, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.	28
Cuadro 8. Número de hojas, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	29
Cuadro 9. Número de flores, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	30
Cuadro 10. Circunferencia del tallo, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	31
Cuadro 11. Número de frutos/planta, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	32
Cuadro 12. Circunferencia del fruto, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.	33
Cuadro 13. Largos de los frutos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	34
Cuadro 14. Peso de 10 frutos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	35

Cuadro 15. Rendimiento, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	36
--	----

ÍNDICE DE GRAFICO

Grafico 1. Curva del Kc del cultivo de pimiento	20
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de la estación meteorológica UTB (Años 2010-2015)

Figura 1A. Datos de la estación meteorológica UTB 2010	47
Figura 2A. Datos de la estación meteorológica UTB 2011	47
Figura 3A. Datos de la estación meteorológica UTB 2012.....	47
Figura 4A. Datos de la estación meteorológica UTB 2013.....	48
Figura 5A. Datos de la estación meteorológica UTB 2014.....	48
Figura 6A. Datos de la estación meteorológica UTB 2015	48
Cuadro 1A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de septiembre	49
Cuadro 2A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de octubre	49
Cuadro 3A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de noviembre....	49
Cuadro 4A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de diciembre	50

Anexo 2. Datos tomados del trabajo experimental.

Cuadro 1B. Altura de plantas mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	50
Cuadro 2B. Número de hojas mes septiembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	50
Cuadro 3B. Largo de hoja mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	50
Cuadro 4B. Ancho de hoja mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	51
Cuadro 5B. Circunferencia del tallo mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	51

Cuadro 6B. Número de flores mes septiembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	51
Cuadro 7B. Altura de plantas mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.....	51
Cuadro 8B. Número de hojas mes octubre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.....	52
Cuadro 9B. Largo de hoja mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.....	52
Cuadro 10B. Ancho de hoja mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.....	52
Cuadro 11B. Circunferencia del tallo mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.....	52
Cuadro 12B. Número de flores mes octubre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	53
Cuadro 13B. Altura de plantas mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	53
Cuadro 14B. Número de hojas mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	53
Cuadro 15B. Largo de hoja mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	53
Cuadro 16B. Ancho de hoja mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	54
Cuadro 17B. Circunferencia del tallo mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	54
Cuadro 18B. Número de flores mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos	54

Cuadro 19B. Número de frutos por planta mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	54
Cuadro 20B. Peso de 10 frutos por repetición en el mes de noviembre en kilogramos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos..	55
Cuadro 21B. Largo del fruto por planta mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	55
Cuadro 22B. Circunferencia de frutos por planta mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos..	55
Cuadro 23B. Altura de plantas mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	55
Cuadro 24B. Número de hojas mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	56
Cuadro 25B. Largo de hoja mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	56
Cuadro 26B. Ancho de hoja mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	56
Cuadro 27B. Circunferencia del tallo mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	56
Cuadro 28B. Número de flores mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	57
Cuadro 29B. Número de frutos por planta mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.....	57
Cuadro 30B. Peso de 10 frutos por repetición en el mes de diciembre en kilogramos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos..	57
Cuadro 31B. Largo del fruto por planta mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos	57

Cuadro 32B. Circunferencia de frutos por planta mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos..58

Cuadro 33B. Rendimiento total expresada en kg/ha, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos..... 58

Anexo 3. Programa CROPWAT

Figura N°1B. Inicio del Programa..... 58

Figura N°2B. Icono del programa.....59

Figura N°3B. Pantalla principal de Cropwat 8.0..... 59

Figura N°4B. Cuadro para agregar datos Meteorológicos..... 59

Figura N°5B. Datos meteorológicos agregados y obtención de la Etc. (Evapotranspiración) Mensual 60

Anexo 4. Necesidades hídricas de los cultivos.

Figura 1C. Horas de luz por día expresadas como porcentaje del total anual..... 61

Figura 2C. Duración máxima diaria media de las horas de fuente insolación N en diferentes meses y latitudes 61

Figura 3C. Predicción de la ETo (eje de ordenadas) a partir del factor de Blanney (eje de abscisas), para diferentes condiciones de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y vientos diurnos 62

Figura 4C. Radiación extraterrestre Ra expresada en equivalente de evaporación de agua en mm/día 63

Figura 5C. Valores del factor de ponderación W para los efectos de la radiación sobre la ETo, a diferentes temperaturas y altitudes 64

Figura 6C. Relación para obtener la ETo (eje de ordenadas) a partir de valores calculados de $w \cdot R$ (eje de abscisas) y un conocimiento general de la humedad relativa media y de los vientos diurnos 65

Anexo 5. Calculo de la lámina de agua de los Métodos (Penman, Blaney y Tanque FAO)

Ecuación 1. Lámina de agua del método Penman mes agosto.....	66
Ecuación 2. Lámina de agua del método Penman mes septiembre.....	66
Ecuación 3. Lámina de agua del método Penman mes octubre.....	66
Ecuación 4. Lámina de agua del método Penman mes noviembre.....	67
Ecuación 5. Lámina de agua del método Penman mes diciembre.....	67
Ecuación 6. Lámina de agua del método Blaney mes agosto.....	67
Ecuación 7. Lámina de agua del método Blaney mes septiembre.....	68
Ecuación 8. Lámina de agua del método Blaney mes octubre.....	68
Ecuación 9. Lámina de agua del método Blaney mes noviembre.....	68
Ecuación 10. Lámina de agua del método Blaney mes diciembre.....	69
Ecuación 11. Lámina de agua del método Tanque FAO mes agosto.....	69
Ecuación 12. Lámina de agua del método Tanque FAO mes septiembre.....	69
Ecuación 13. Lámina de agua del método Tanque FAO mes octubre.....	70
Ecuación 14. Lámina de agua del método Tanque FAO mes noviembre.....	70
Ecuación 15. Lámina de agua del método Tanque FAO mes diciembre.....	70

Anexo 6. Fotografía

Fotografía 1A. Plántulas de pimiento híbrido Natalie	71
Fotografía 2A. Siembra del pimiento	71
Fotografía 3A. Desarrollo de las plantas a los 20 días después del trasplante.....	71
Fotografía 4A. Repeticiones de los tres tratamientos a los 30 días después del trasplante.	72
Fotografía 5A. Recolección de datos en el mes de noviembre.....	72
Fotografía 6A. Recolección de datos en el mes de diciembre.....	72
Fotografía 7A. Fruto del tratamiento Tanque FAO o Tanque Evaporimetro	73
Fotografía 8A. Fruto del tratamiento Penman	73

Fotografía 9A. Fruto del tratamiento Blanney-Criddley.....	73
Fotografía 10A. Control de malezas manualmente.....	74
Fotografía 11A. Riego mediante una taza de medida.....	74
Fotografía 12A. Maduración de los frutos en su última etapa de desarrollo vegetativa....	74

I. INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annum* L.) es una planta originaria de América del sur, siendo en el Ecuador un cultivo de mucha importancia, que con el paso de los años se ha convertido en el más explotado por su gran comercialización y demanda. Es una herbácea, cuyo tallo en la última etapa de su ciclo se vuelve leñoso.¹ Además requiere muchos cuidados especialmente en lo que se refiere al control de plagas y enfermedades.

En nuestro país se siembran 956 ha, de las cuales se cosechan 891 ha con una producción de 5006 Tm como monocultivo y 189 hectáreas como cultivo asociado, siendo las provincias costeras de Guayas, Manabí y Esmeraldas las de mayor producción.²

La producción de pimiento puede ser una buena alternativa para los agricultores del cantón Babahoyo y zonas aledañas por presentar ingresos económicamente seguro y rentable. También el pimiento puede ser un cultivo intensivo e incluso sembrado en pequeñas cantidades como huertos urbanizados, para consumo familiar por ello justifico mi trabajo realizado en la ciudad y poder efectuar con mayor precisión la aplicación de las láminas de agua de los diferentes métodos matemáticos.

Este cultivo es sensible ante el estrés hídrico, tanto en exceso como por déficit de húmeda. Un aporte de agua irregular puede provocar la caída de flores y frutos recién cuajados y a la aparición de necrosis apical siendo aconsejable los riegos pocos copiosos y frecuentes.

Calculando las demandas hídricas por los métodos Penman, Blaney-Cridle y el Tanque evaporímetro, se pretende obtener resultados con mayor grado de confiabilidad de referencia al manejo hídrico en lo que respecta al riego, siendo indispensable solventar los requerimientos de agua para una buena producción que son entre 600 y 1250 mm anuales.

¹ Fornaris, G. Características de la Planta. Disponible en <http://136.145.11.14/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Character%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2005.pdf>

² Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2018. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-nacional/file/591-reporte-de-resultados-censo-nacional-completo>

El principal problema es el bajo rendimiento del cultivo de pimiento por el desconocimiento de determinar los niveles hídricos adecuados que requiere el cultivo para su normal desarrollo, no obstante, la falta de tecnologías e información en el manejo hídrico, fue motivo a realizar el presente trabajo experimental.

1.1. Objetivos

Objetivo general

Determinar el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) ante la aplicación de láminas de agua calculadas por tres métodos diferentes.

Objetivos específicos

- Establecer los requerimientos hídricos del cultivo de pimiento para maximizar su producción.

- Identificar la mejor lámina de agua calculada por los métodos de Penman, Blaney-Criddle y Tanque evaporímetro.

II. MARCO TEÓRICO

El cultivo del pimiento (*Capsicum annun L.*) en el Ecuador, se ha visto favorecido ya que el país posee características geográficas, climáticas y de suelos, adecuadas para su desarrollo, sembrándose en la Costa y parte de la Sierra, en especial en las provincias de Guayas, Santa Elena, Manabí. El Oro, Imbabura, Chimborazo y Loja donde el clima, la altitud y el suelo es propicio. En el país, tiene un ciclo vegetativo según la variedad, entre la siembra y la cosecha de 4 a 6 meses. El pimiento es una hortaliza cuyo consumo proporciona una serie de beneficios al ser humano especialmente en lo que hace referencia a su nutrición y a su salud, Es uno de los alimentos más ricos en fibra, vitamina C y B que es beneficioso para el sistema nervioso y cerebral, siendo muy rico en antioxidantes y en vitamina A, previniendo enfermedades crónicas y degenerativas, favoreciendo además la secreción gástrica y vesicular y mejorando el estreñimiento (Máximo Bolívar , 2013).

La clasificación botánica según el Integrated Taxonomic Information System of North America ITIS (ITIS 2012) es la siguiente:

- Reino: *Plantae*
- División: *Tracheophyta*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Subclase: *Astaranae*
- Orden: *Solanales*
- Familia: *Solanaceae*
- Género: *Capsicum L.*
- Especie: *Capsicum anuum L.*

Una planta de pimiento que exige un clima cálido o templado, entre 20 °C y 40 °C, siendo su temperatura óptima de 25 a 25 °C, no soporta las heladas, su temperatura mínima para germinar y crecer es de 15 °C y para florecer y fructificar mínimo 18 °C (Perez Toapanta, 2014).

El mismo autor indica que la coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10 °C) da lugar a la formación de flores con alguna

de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc. Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos deformes, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos.

Los requerimientos de agua para una buena producción están entre 600 y 1 250 mm anuales, el pimiento es sensible al estrés hídrico, tanto por exceso como por déficit de humedad. Un aporte de agua irregular, puede provocar la caída de flores y frutos recién cuajados y la aparición de necrosis apical, siendo aconsejables los riegos poco copiosos y frecuentes (Moreno Valencia , Rivas Elcorobarrutia, & Cabello Cabello , 2004).

El pimiento es una planta exigente en luz durante todo el ciclo vegetativo especialmente en la floración, con escasa luminosidad esta se reduce y las flores son más débiles, la falta de luz produce un cierto ahilamiento, con alargamiento de los entrenudos y de los tallos, así estos son más débiles y no podrán soportar una cosecha abundante de frutos (Moreno Rocha, 2015).

La humedad relativa óptima oscila entre 50 y 70 %. Humedades relativas elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad puede ocasionar la caída de flores y frutos recién cuajados (INFOAGRO, 2012).

La evapotranspiración es la cantidad de agua respirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo. Hay dos formas de evapotranspiración:

- Evapotranspiración potencial o máxima; que es la cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.
- Evapotranspiración real; es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado (Fuentes Yangué, 1999).

El rendimiento del cultivo es máximo cuando la transpiración es máxima, y esto ocurre cuando el cultivo se desarrolla en las mejores condiciones posibles. Ocurre entonces que la evapotranspiración real coincide con la evapotranspiración máxima (Fuentes Yangué, 1999).

Nieto *et al* (2016), indican que el estrés hídrico en las zonas áridas y semiáridas es uno de los principales factores del ambiente que afecta a las plantas durante los diferentes estadios de su crecimiento y desarrollo. Las estrategias que las plantas utilizan para enfrentar la falta de agua pueden ser de tipo bioquímico, fisiológico y morfológico-mecánico. Uno de los factores involucrados en su supervivencia es la información genética contenida en la misma planta.

Mossande *et al* (2015), difunden que la agricultura es el sistema de producción que mayor demanda de agua tiene a nivel global; siendo el riego la actividad que consume el 70 % de este recurso a nivel mundial. Se estima que sólo el 20 % de las tierras agrícolas del mundo se encuentran bajo riego, las cuales proporcionan el 40 % de la producción agrícola mundial. Los requerimientos hídricos dependen de varios factores entre los cuales los más importantes están el clima y el consumo hídrico según la especie y estado de desarrollo del cultivo, lo que permiten mantener suficiente humedad en el sistema radicular en función de los factores climáticos, la fenología del cultivo y las características de suelo.

Tijerina (2014), informa que, en los últimos años, la escasez de agua ha obligado a reorientar la investigación hacia el uso de sistemas de riego más eficientes que permiten ahorrar agua. Una de las etapas obligadas para el diseño, construcción o instalación y operación de cualquier sistema de riego es la estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos que se pretenden establecer en alguna región. Sin embargo, una vez que son instalados estos sistemas de riego, en general, excepto algunos casos, los productores requieren de capacitarse para la operación de estos sistemas para obtener buenos resultados en cuanto al ahorro de agua, lograr buena producción y mitigar el deterioro de sus suelos.

Ojeda *et al* (2014), señalan que, como parte del cambio climático proyectado, los flujos térmicos y dinámicos de la atmósfera se modificarán debido a un incremento en la acumulación atmosférica de varios gases que intervienen en el efecto invernadero, cuyo origen es antrópico.

Para Duarte y Sarmiento (2013), el deterioro de la calidad del agua está dado por los factores geológicos, geográficos y de contaminación del medio ambiente, que contribuyen a la disminución marcada de la misma.

Rivera (2005), manifiesta que el agua del suelo es uno de los factores más importantes que afectan la producción de las cosechas. El agua constituye la fase líquida del suelo, la cual es requerida por las plantas en pequeñas cantidades para los procesos de metabolismo y transportación de los nutrimentos, y en grandes cantidades en el proceso fisiológico de la transpiración. El riego es la aplicación suplementaria de agua con el objetivo principal de suplir la humedad adecuada a las plantas.

Ojeda *et al* (2014), divulgan que la temperatura actúa en el desarrollo de los cultivos y el incremento de la temperatura ambiental puede afectar su tasa de crecimiento, limitar su actividad fotosintética y aumentar su respiración. El acortamiento del ciclo fenológico puede reducir el rendimiento potencial de los cultivos, al disminuir el periodo de intercepción de la radiación, que es uno de los principales determinantes de la acumulación de materia seca y rendimiento. Se ha reportado un incremento de las demandas hídricas de los cultivos por efecto del cambio climático, sin considerar el efecto de la temperatura en la duración del ciclo fenológico. Estos cambios en los requerimientos de riego se derivan del efecto de la disminución de la precipitación, del impacto del incremento de la temperatura en la evapotranspiración de referencia (ET_o) y del acortamiento del ciclo fenológico.

Rivera (2005), explica que un método consiste en aplicar el riego cuando la tensión de humedad en el suelo ha alcanzado un valor recomendado, dependiendo del tipo de cultivo. El riego se controla por medio de tensiómetros, bloques de resistencia eléctrica u otros dispositivos que nos indicarán, en forma relativa, si hay suficiencia o deficiencia de agua en el suelo. Las investigaciones en manejo de riego en el cultivo de pimiento indican que los mayores rendimientos se obtienen al colocar los tensiómetros a 12 pulgadas de profundidad en el suelo y manteniendo lecturas en el instrumento entre los 0 y 45 centibares. Al utilizar tensiómetros, bloques de resistencia u otros sensores de humedad es recomendable preparar una curva de calibración para conocer el porcentaje de humedad del suelo que corresponde a la escala de medidas del instrumento.

Mossande *et al* (2015), expresan que el coeficiente de cultivo (K_c) es un importante parámetro para el manejo planificación y programación del riego en periodos mayores a un día. El mismo varía con el período de crecimiento de la planta y con el clima y depende de la capacidad de la planta para extraer agua del suelo según su estado de desarrollo vegetativo. La FAO recomendó las metodologías y procedimientos para el cálculo del K_c . Estudios realizados revela la existencia de variaciones en el valor de este parámetro debido posiblemente a las prácticas culturales empleadas en las zonas en que fueron determinados. Conociéndose que la determinación de la evapotranspiración del cultivo es un paso importante para el manejo eficiente de los sistemas de riego, el objetivo del trabajo consiste en determinar los requerimientos hídricos del cultivo de hortalizas.

De acuerdo a Duarte y Sarmiento (2013), a nivel mundial existe un elevado déficit de agua en cantidad y calidad adecuada. El principal factor geológico que influye en la variación de la calidad del agua lo constituye la naturaleza calcárea del subsuelo y los lechos pluviales que alteran el contenido en sales y minerales. Esta predominancia la impone la ubicación en el Caribe y su configuración larga y estrecha de la isla en contacto permanente con la acción marina y, en tercer lugar, la actividad del hombre.

Sánchez *et al* (2014), mencionan que el riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes para garantizar la buena producción de hortalizas y suplir las necesidades hídricas del cultivo; en términos de evapotranspiración durante la época seca, los técnicos y agricultores pueden tener como base la lámina de agua requerida por la planta de berenjena para su aplicación, logrando así mayor rendimiento y mejor calidad de frutos para la comercialización, al igual que un uso eficiente del agua de riego.

Duarte y Sarmiento (2013), aclaran que, por otra parte, existe también el problema de que el agua utilizable no alcanza para regar las tierras cultivables, por lo que es necesario adecuar y planificar los recursos hídricos con que se cuenta. Los aumentos en la productividad de los cultivos en la agricultura moderna han sido acompañados, en muchos casos, por degradación ambiental (erosión del suelo, contaminación por productos químicos agrícolas, salinización, etc.) y el uso excesivo de los recursos naturales; ante tal situación, es aconsejable, entre otras medidas, la utilización de tratamientos que ayuden a corregir la contaminación de las aguas. La importancia práctica de tratamientos como suavizadores de las aguas y estimuladores vegetales radica en la selección de los mismos a

base de un compromiso que incluya la relación eficacia- costo, estrechamente controlado y que induzca los máximos beneficios en la explotación.

Sánchez *et al* (2014), sostienen que al mantenerse constante en el suelo una humedad elevada, la absorción de agua por las raíces exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos. La planta no soporta la falta de agua ni el exceso de ella. Este determina la falta de aireación, que interfiere con la respiración de la raíz; ya que una planta puede vivir perfectamente en solución nutritiva siempre que se burbujee aire en ella. Por esta razón los máximos rendimientos se tendrán manteniendo una humedad óptima en el suelo.

Según Gómez *et al* (2012), el suministro de agua es uno de los factores determinantes para el desarrollo y producción de las plantas. Su requerimiento hídrico depende de las condiciones climáticas de la zona, suelo, tipo de cultivo, manejo y etapa del ciclo en la que se encuentre. Las plantas generalmente cumplen su ciclo vegetativo a través de las siguientes fases: germinación, desarrollo, maduración y cosecha y las necesidades de agua se hacen más apremiantes en alguna de estas etapas. Uno de los cultivos más exigentes en requerimientos hídricos es el pimentón. Si se presenta deficiencia de agua se provoca estancamiento del desarrollo y daños en la calidad del fruto, ocasionando rajaduras o pudrición apical. Si hay exceso de humedad en el suelo por efecto del riego, se incrementan las enfermedades radiculares asociadas a los hongos *Phytophthora capsici* y *Fusarium* sp.

Rivera (2005), comenta que, además, el riego puede tener otros propósitos:

- Asegurar un abasto suficiente de agua durante sequías de corta duración o clima variable
- Disolver sales del suelo
- Como medio para aplicar agroquímicos
- Mejorar las condiciones ambientales para el desarrollo vegetal
- Activar ciertos agentes químicos

Infoagro (2018), afirma que en los cultivos de pimiento el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza de forma generalizada mediante riego por goteo y va ser función del estado fenológico de la planta, así como del ambiente en que ésta se desarrolla

(tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.).

Rivera (2005), define que hay muchos factores que influyen en el manejo del riego, entre los cuales están el sistema utilizado, las características del suelo, el cultivo y su estado de desarrollo y las condiciones ambientales. Cada uno de estos factores debe ser tomado en consideración al determinar la frecuencia del riego y la cantidad de agua que se debe aplicar. Cada cultivo tiene requisitos de agua particulares y cada suelo tiene propiedades específicas que afectan en una forma u otra la disponibilidad de agua a las plantas.

Para Infoagro (2018), el cultivo en suelo y en enarenado el establecimiento del momento y volumen de riego vendrá dado básicamente por los siguientes parámetros:

- Tensión del agua en el suelo (tensión métrica), que se determinará mediante la instalación de una batería de tensiómetros a distintas profundidades. Alrededor del 75 % del sistema radicular del pimiento se encuentra en los primeros 30-40 cm del suelo, por lo que será conveniente colocar un primer tensiómetro a una profundidad de unos 15-20 cm, que deberá mantener lecturas entre 11 y 14 cb, un segundo tensiómetro a unos 30-50 cm, que permitirá controlar el movimiento del agua en el entorno del sistema radicular y un tercer tensiómetro ligeramente más profundo para obtener información sobre las pérdidas de agua por drenaje; valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indicarán importantes pérdidas de agua por lixiviación.
- Tipo de suelo (capacidad de campo, porcentaje de saturación).
- Evapotranspiración del cultivo.
- Eficacia de riego (uniformidad de caudal de los goteros).
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad).

Rivera (2005), reporta que se han desarrollado métodos e instrumentos para programar el riego. Entre los métodos más sencillos utilizados para este propósito está la apreciación visual y táctil del suelo en combinación con indicadores del cultivo, tales como cambios en color, turgencia o ángulos de las hojas. Este método en particular tiene la desventaja de que los síntomas o señales para iniciar el riego aparecen muy tarde, cuando es difícil evitar que el rendimiento y la calidad de la cosecha se afecten por el déficit de humedad en el suelo. En términos prácticos hay dos métodos que se pueden utilizar para

determinar cuándo regar.

Coras (2017), considera que para estimar las propiedades hidráulicas del suelo se puede usar un modelo que estime en función de la textura (porcentaje de arena, arcilla y limo). La infiltración se determina en el laboratorio sobre muestras alteradas o inalteradas, o siguiendo alguno de los métodos de campo. Existen varios métodos para estimar la evapotranspiración y recomienda utilizar los métodos de Blaney y Criddle, Penman y tanque tipo A.

Amézquita (2016), determina que la esencialidad del agua para obtener altos rendimientos es indiscutible, por cuanto el agua produce la hidratación e hinchamiento de las células y ambos fenómenos causan el crecimiento vegetal, por ello es necesaria la relación de riegos frecuentes y eficientes. El agua es además el vehículo de transporte de los elementos nutritivos desde el suelo hasta las raíces y desde estas a toda la planta. Con el conocimiento, y con la puesta en práctica de estos dos criterios (esencialidad y vehículo de transporte) debe ser manejada el agua en el suelo.

De acuerdo a Ortiz *et al* (2012), el agua es un factor que limita la producción, por lo tanto, un buen riego debe caracterizarse por presentar alta eficiencia y uniformidad para garantizar un uso racional del recurso hídrico. En el campo existen muchos factores que afectan la uniformidad del riego, unos inherentes al suelo principalmente sus propiedades físicas, químicas y características topográficas, otros dependientes de elementos del clima y por otro lado las características propias de los diseños de riego. En riego por aspersión, el viento, principalmente su velocidad y dirección es muy importante investigarlos y conocer cómo afectan la distribución de las láminas aplicadas. Esto permitirá generar acciones que minimicen los riesgos de pérdidas en cultivos.

Deaquiz *et al* (2014), relatan que mediante la regulación del riego se logra un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, ya que un exceso de vigor en las plantas tiene efectos negativos sobre la composición química de algunos frutos. Además, con el tiempo, el agua ha adquirido mayor importancia ya que es un recurso limitado y no siempre disponible y actualmente ya se han aumentado las restricciones para el uso de este líquido. La programación del riego puede ahorrar alrededor de un 50% de agua y el riego por goteo podría influir favorablemente en la altura de la planta, el índice de área foliar, el

peso del fruto y la calidad en un 10-15%. Así, en los últimos años la investigación sobre la eficiencia en el uso del agua ha aumentado y se ha elevado la inversión en investigación con el fin de desarrollar planes y sistemas de riego que hagan la producción de alimentos y el manejo del recurso agua más sostenible.

Coras *et al* (2016), exponen que la necesidad de aumentar las áreas de cultivo debido a la constante demanda de alimentos, mantiene a los investigadores en una intensa búsqueda de medidas que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo en áreas tropicales húmedas; a pesar de las limitantes que tienen para su aprovechamiento agrícola por la falta de información edáfica, agronómica e hidrológica, éstas representan una reserva importante para la producción de alimentos para el país.

Intagri (2018), asegura que la información obtenida sobre la evaluación de la eficiencia ayuda al agricultor a tomar preventivas o correctivas del sistema de riego. Permite calcular la eficiencia del sistema de riego, si es mala, se pueden tomar acciones que mejoren su uso. El agua y los insumos como los fertilizantes son usados con mayor eficiencia, evitando pérdidas económicas. Permite al agricultor ubicar goteros con taponamientos y zonas donde el riego es deficiente, y con ello ejecutar programas de mantenimiento. Eficiencias altas aseguran que todas las plantas reciben la misma cantidad de agua y nutrientes, por lo tanto, se favorece todas las condiciones para que el cultivo exprese su potencial productivo.

Coras *et al* (2016), estiman que las condiciones de exceso de agua sobre la superficie del suelo en el trópico húmedo se presentan en áreas planas y bajas con relación a áreas circundantes, en donde no existe una salida de agua por gravedad, razón por la cual el hombre ha tenido que hacer uso de artificios o técnicas que le permiten aprovechar estas áreas inundables.

Intagri (2018), argumenta que la evaluación del sistema es recomendable realizarla:

- a) Una vez terminada la instalación del sistema de riego;
- b) Al menos una vez durante el ciclo de cultivos anuales, puede ser al inicio o a mediados de la temporada, y
- c) Cuando se detecten anomalías en el gasto de los goteros. Los resultados hacen visibles los ajustes necesarios para que el sistema trabaje minimizando las pérdidas.

Amézquita (2016), apunta que quien maneja el riego debe estar consciente de que tiene en sus manos el factor responsable del 90 % de la producción y de la calidad de las cosechas, por eso debe estar permanentemente informado del estado de humedad y de la succión del agua del suelo y de la hidratación de las plantas. Solo así puede controlar cualquier riesgo de deshidratación de estas, lo cual traería como consecuencia deficiencias en el transporte y distribución de las sustancias nutritivas, con la consecuente disminución en crecimiento y desarrollo y producción.

Según Guevara (2013), el reconocimiento de la significación de la evapotranspiración en las actividades agrícolas y en el manejo de los recursos hídricos, aunado a la masificación en el uso de los microcomputadores personales y la utilización de las estaciones automáticas en agroclimatología, impulsó el uso de la fórmula de Penman 1948 para estimar la evapotranspiración en superficie líquida y la evapotranspiración en superficies con vegetación. Esta fórmula, modificada en 1965 por Monteith y denominada fórmula de Penman-Monteith, ha tenido una relevancia extraordinaria en las investigaciones sobre balance energético, balance hídrico, requerimientos de agua, programas de irrigación, entre otras aplicaciones, desplazando la diversidad de formulaciones utilizadas para estimar la evapotranspiración. Simultáneamente, el término evapotranspiración potencial, ETP, es reemplazado por el de evapotranspiración de referencia, ETo. Entre las investigaciones que traen tales cambios se destacan las realizadas por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), la ASCE (American Society of Civil Engineers, USA) y la mayoría de las Universidades del mundo, como la de Idaho en Kimberly; la de Utah en Logan; la de California, en Davis; la de Texas en Bushland y la de Cranfield en Silsoe, Reino Unido, todas con grandes lisímetros y redes de observaciones de la ETo.

Zermeño *et al* (2017), refieren que para aumentar la eficiencia del uso del agua en la agricultura es necesario determinar la tasa diaria de ET (ET) de los cultivos establecidos en una región, que permita determinar los volúmenes de agua por aplicar. La tasa de ET es el resultado de la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración por los estomas de las hojas. Estos procesos ocurren simultáneamente y en un ecosistema natural son difícil de separar. Los principales factores ambientales que determinan la tasa de ET son la radiación, temperatura del aire, déficit de presión de vapor y velocidad del viento.

Guevara (2013), describe que las principales fórmulas que se utilizaban para estimar la evapotranspiración fueron comparadas con mediciones lisimétricas en campos experimentales, concluyendo que la ecuación de Penman-Monteith, estimaba la evapotranspiración con el menor error, y de esos estudios, surgieron modificaciones que mejoraron el enfoque de Penman-Monteith, así como el concepto evapotranspiración de referencia y la escogencia del cultivo de referencia.

Zermeño *et al* (2017), indican que la tasa de ET se puede medir por métodos, como los de enfoque micro meteorológico, uso de lisímetros y medición de los cambios de la humedad del suelo. Sin embargo, la implementación de estos métodos es muy costosa y de difícil aplicación, por lo cual se debe aplicar métodos que permitan determinar la ET de cultivos a partir de la ET de referencia. Hay varios métodos para obtener la ET de referencia en una localidad. El método más recomendado es el FAO Penman-Monteith, que es el procedimiento estándar.

Santiago (2012), señala que la evapotranspiración es una variable clave que engloba la pérdida de agua de los cultivos por transpiración y del suelo por evaporación, en la práctica se utiliza en la elaboración de calendarios de riego y así optimizar el recurso hídrico durante el ciclo de un cultivo, para obtener los rendimientos deseados. En la actualidad el recurso hídrico para el uso en la agricultura se torna cada vez más limitante debido a la contaminación masiva de este y la disminución de la precipitación por el cambio climático global. En base a todas las dificultades que enfrenta la humanidad es necesario tener un conocimiento real del balance hídrico de cualquier región en sus diferentes niveles: regional, estatal o nacional y se logra con una buena estimación de ETo. Las posibles alternativas para la estimación están sujetas a la limitación de la información meteorológica existente en el país.

Hernández *et al* (2017), manifiestan que la evapotranspiración se considera como uno de los parámetros importantes durante en el desarrollo de los cultivos y el conocimiento de ésta, permite establecer una buena planeación de los recursos hídricos, así como hacer un uso eficiente del agua de riego a nivel parcelario. Actualmente se utilizan métodos semiempíricos, los cuales son ampliamente utilizados en casos prácticos de manejo del riego, en especial la ecuación desarrollada por Penman-Monteith, la cual goza de aceptación por la comunidad científica mundial, y que fue propuesta por la FAO como

método estandarizado para el cálculo de la evapotranspiración, con base en la información climática.

Zermeño *et al* (2017), expresan que investigaciones determinan que se aplicó dicho método para la programación del riego mediante el balance hídrico en el suelo, usándolo para determinar la tasa de ET de una plantación y en la programación del riego. Además, determinaron la ET de referencia mediante el método FAO Penman-Monteith para calcular la ET de una plantación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

El presente trabajo experimental se efectuó en los terrenos del Sr. Freddy Pendolema, ubicado en la ciudad de Babahoyo, calle Juan X Marcos y la E, cuyas características georeferenciadas del área se indican a continuación:

Provincia	:	Los Ríos
Cantón	:	Babahoyo
Parroquia	:	Clemente Baquerizo
Altitud	:	7 msnm
Latitud	:	9 801 117 UTM
Longitud oeste	:	668 674 UTM

La zona presenta una temperatura media anual de 25,7 °C, precipitación media anual de 1845 mm, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliofanía promedio anual.³

3.2. Material experimental

Se utilizó el Pimiento híbrido Nathalie, cuyas características son: ciclo de 90 a 100 días después del trasplante. Planta de crecimiento alto, fruto alargado, terminado en punta de color verde a rojo de 170 a 220 gramos con buen peso en promedio. Su alta rusticidad ayuda a cultivarse en condiciones desfavorables con excelentes resultados productivos. Presenta tolerancia a: *Phytophthora*, TMV, PVY y TEV.⁴

3.3. Materiales de invernadero

- Fundas negras de polietileno con perforaciones de 3 mm de 38 cm largo x 25 cm ancho
- Sustrato con 50 % de suelo arcillo-limoso, 30 % tierra de sembrado, 10 % cenizas y 10 % estiércol seco
- Baldes
- Palín
- Marcadores

³ Datos tomados de la Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UTB – INAMHI, 2016

⁴ Importadora Alaska. Semillas de pimiento. Disponible en <http://www.imporalaska.com/59-nathalie.html>

- Etiquetas
- Malla polisombra (sarán) al 80 %
- Vaso medidor
- Nonio o escala de Vernier
- Balanza

3.4. Factores estudiados

3.4.1. Variable dependiente: Comportamiento agronómico del cultivo con la aplicación de riego controlado.

3.4.2. Variable independiente: Métodos de cálculo de Penman, Blaney-Criddle y Tanque evaporímetro o tanque FAO.

3.4.2.1. Penman

Este método se utiliza en zonas donde se disponga de datos medidos sobre temperatura, radiación, humedad y viento. Utilizando formulas empíricas para predecir las necesidades hídricas de los cultivos, pero también existe programas como es el CROPWAT (programa de computación que es usado solo para método Penman).⁵

Formula:

$$\lambda ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho c_p (e_a - e_d) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_c / r_a)}$$

Dónde:

- λET_o : Flujo del calor latente de evaporación [$KJ m^{-2} s^{-1}$]
- R_n : Flujo de la radiación neta en superficie [$KJ m^{-2} s^{-1}$]
- G : Flujo térmico del suelo [$KJ m^{-2} s^{-1}$]
- P : Densidad atmosférica [$Kg m^{-3}$]
- C_p : Calor específico del aire húmedo [$KJ kg^{-1} ^\circ C^{-1}$]
- $(e_a - e_d)$: Déficit de presión de vapor [KPa]
- r_c : Resistencia de la cubierta vegetal [$s m^{-1}$]
- r_a : Resistencia aerodinámica [$s m^{-1}$]
- Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor [$kPa ^\circ C^{-1}$]

⁵ Fuente: Jesús Enrique López Avendaño http://irrigacion.weebly.com/uploads/4/0/4/7/404744/etp-mtodo_de_penman-monteith.doc.

- Y: Constante psicrometría [kPa °C⁻¹]
- λ: Calor latente de vaporización [MJ kg⁻¹]

3.4.2.2. Blaney-Criddle

Es un método indirecto que usa los factores de temperatura media mensual y porcentajes de horas luz para diferentes latitudes, para estimar las necesidades hídricas del cultivo.

Formula:

$$ET=K * F$$

Donde:

- ET= Evapotranspiración real total del cultivo expresada como lamina (cm).
- K= Coeficiente total de ajuste que depende el cultivo y de la ubicación de la zona de estudio.
- F= Es la suma de todos los meses (desde el mes 1 hasta el mes n del ciclo vegetativo del cultivo).

3.4.2.3. Tanque FAO

Los efectos combinados de la radiación, temperatura, la humedad y el viento influyen sobre la cantidad de agua evaporada en una superficie de agua libre. Estos mismos elementos climáticos influyen también, de un modo análogo, sobre la evapotranspiración del cultivo. El método del tanque evaporímetro se basa en relacionar la evapotranspiración del agua del tanque con la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), para estimar las necesidades hídricas del cultivo.⁶

Formula:

$$ET_o = K_p * E_p$$

⁶ Fuente: José Fuentes Yagüe 1999. Técnicas de Riego sistema de riego en la agricultura.

Donde:

- E_{To} = Evapotranspiración del cultivo de referencia, expresada en mm por día.
- K_p = es el coeficiente del tanque evaporímetro que depende del tipo de tanque, del clima y del medio que circunda al tanque.
- E_p = Evaporación del tanque, expresada en mm por día. Representa el valor medio diario del periodo considerado.
- p = coeficiente.

3.5. Métodos

Se estudió:

- Métodos inductivos: Aquel método científico que alcanza conclusiones generales partiendo de hipótesis o antecedentes en particular.
- Métodos indirectos o empíricos: La investigación basada en la experimentación o la observación (evidencias)".
- Método experimental: Técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental.

3.6. Tratamientos

Los tratamientos estuvieron conformados por los siguientes métodos, tal como se detalla en el siguiente Cuadro:

Cuadro 1. Tratamientos estudiados, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Tratamientos	
Nº	cálculo lamina evapotranspiración potencial
T1	Penman
T2	Blaney-Criddle
T3	Tanque FAO

3.7. Diseño experimental

Se utilizó en el experimento el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y cinco repeticiones.

3.8. Análisis de la varianza

Cuadro 2. Análisis de la varianza

Fuente de Variación		Grados de libertad
Tratamientos (t-1)	:	2
Error (r-1) (t-1)	:	12
Total (r x t) – 1	:	14

3.9. Análisis funcional

Para realizar la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de significancia.

3.10. Manejo del trabajo experimental

Características del área experimental fueron las siguientes: El tamaño del ensayo fue de 57.60 m² en donde cada repetición fue de 3.84 m² y el distanciamiento de la siembra fueron 80 cm entre filas y 40 cm entre plantas.

3.10.1. Riego

La investigación se manejó en condiciones controladas:

El riego se aplicó al cultivo dependiendo de cada tratamiento en donde Blaney y Tanque FAO fueron calculados con las fórmulas de lámina de agua; Penman con el programa CROPWAT, utilizando los siguientes parámetros: Temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad del viento, horas de Heliofanía, % de Humedad relativa. Tomados de una serie de 5 años 2011 al 2015 (Datos obtenidos de la Estación Meteorológica UTB-FACIAG), y con esto se obtuvo la Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto) (cuadro 3) y la tabla del Kc (cuadro 4) está distribuida por el coeficiente y por el estado fenológico del cultivo, en donde los valores se lo muestran en los siguientes

cuadros:

Cuadro 3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto) en mm

Métodos/Meses	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Penman	2,51	2,84	2,73	2,74	2,94
Blaney	3,59	4,03	3,77	3,48	4,14
Tanque	2,23	2,61	2,70	2,86	2,76
Evaporímetro					

mm=milímetros

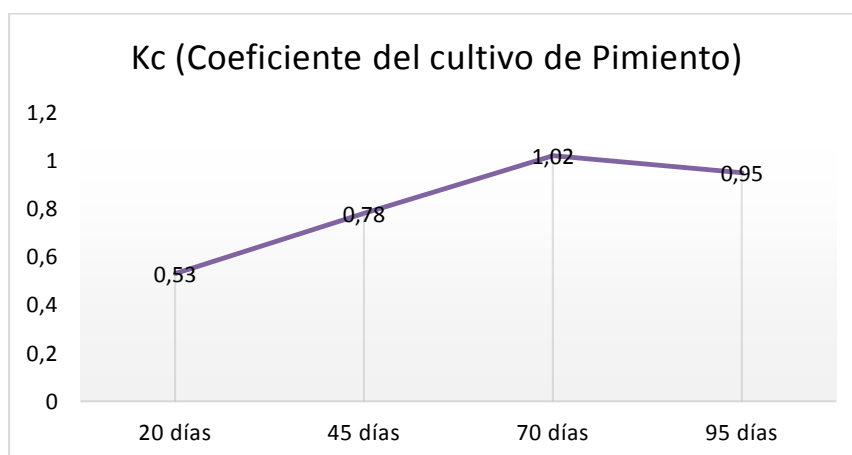
Eto= Evapotranspiración del cultivo de referencia

Cuadro 4. Datos del Kc del cultivo de pimiento

Evaluaciones mensuales	Kc (Coeficiente del cultivo de Pimiento)	Etapa de crecimiento del pimiento (Días)
Septiembre	0,53	20 días
Octubre	0,78	45 días
Noviembre	1,02	70 días
Diciembre	0,95	95 días
Total		112 días

Kc= Coeficiente del cultivo

Grafico 1. Curva del Kc de la investigación del cultivo de pimiento.



En el gráfico 1. Indica la curva del Kc del cultivo de pimiento expresados en días, en donde el Kc más alto con 1,02 corresponde a los 70 días en el mes de noviembre y el valor más bajo fue en el mes de septiembre con 20 días y su Kc fue de 0,53.

3.10.2. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) de los métodos (Penman, Blaney-Criddle y Tanque evaporímetro).

Una vez obtenido el ETo y el Kc se procedió a calcular la lámina de agua de cada mes (septiembre hasta diciembre) y la frecuencia de riego (Fr) que se refiere al lapso de días entre riego y riego, depende de la capacidad de almacenamiento del suelo que se utilizó y la tasa de evapotranspiración del cultivo.

Utilizando las siguientes ecuaciones:

$$ETc \text{ (mm/día)} = ETo \times Fr$$

$$\text{Área del recipiente} = \pi \cdot D^2 / 4 = (\text{m}^2)$$

$$\text{Volumen a su aplicación (lt/día)} = ETc \text{ (mm/día)} \times \text{Área del recipiente (m}^2)$$

$$\text{Lámina de agua o volumen a su aplicación (lt/día)} \times Kc$$

Donde:

- ETo= Evapotranspiración del cultivo de referencia
- ETc= Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- D^2 = diámetro al cuadrado
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- mm/día = milímetros por día
- Lt/día = litros por día
- Kc= coeficiente del cultivo

3.10.3. Preparación del sustrato

Se preparó el sustrato para el semillero y para las fundas con 50 % de suelo arcillo-limoso, 30 % tierra de sembrado, 10 % cenizas y 10 % estiércol seco, para posteriormente colocar en las fundas plásticas negras de 38 cm de largo x 25 cm de ancho para trasplantar las plántulas de pimiento, a los 20 días después de la germinación.

3.10.4. Semillero

Se sembró semillas certificadas del híbrido Natalie en unas bandejas germinadora con el sustrato preparado.

3.10.5. Trasplante

A los 20 días después de la germinación, se trasplantó cada plántula en las fundas negras con el sustrato preparado, en cada parcela se obtuvo 12 plantas y en total del ensayo fueron 180 plantas de pimiento.

3.10.6. Control fitosanitario

Para el manejo de plagas y enfermedades se utilizó productos fitosanitarios (insecticidas o fungicidas) requeridos para el buen desarrollo y sanidad del cultivo. Para el control de Mariquita, *Coccinella septempunctata* lo cual se controló con Clorpirifos en dosis de 1,5 cc/litro.

3.10.7. Control de malezas

El control de las malas hierbas se realizó manualmente cada 8 días, hasta terminar la investigación.

3.10.8. Cosecha

Esta labor se realizó en forma manual una vez que las plantas hubieron alcanzando el tamaño máximo y mostraron un color verde brillante, realizándose 2 cosechas, una cada 25 días.

3.11. Datos evaluados

- Altura de planta
- Número de hojas

- Largo de hojas
- Ancho de hojas
- Circunferencia del tallo
- Número de flores
- Número de frutos
- Peso de 10 frutos
- Largo de frutos
- Circunferencia del fruto
- Rendimiento por hectárea

3.11.1. Altura de planta por cada mes

Se midió la altura de 5 plantas al azar por cada repetición y se la identificó para cada evaluación mensual, con la ayuda de una cinta métrica en cm desde el nivel del suelo (base de la planta) hasta el ápice.

3.11.2. Número de hojas por cada mes

Se tomó 5 plantas identificadas para el conteo de hojas.

3.11.3. Largo de hojas por cada mes

Se identificó 5 plantas y se seleccionó la cuarta hoja de abajo hacia arriba y con la ayuda de la cinta métrica en cm.

3.11.4. Ancho de hojas por cada mes

Se tomó 5 plantas identificadas y se seleccionó la cuarta hoja de abajo hacia arriba y con la ayuda de la cinta métrica en cm.

3.11.5. Circunferencia del tallo por cada mes

Se midió las 5 plantas identificadas y se seleccionó la cuarta hoja de abajo hacia arriba y con la ayuda de la cinta métrica en cm.

3.11.6. Número de flores por cada mes

Se utilizó las 5 plantas identificadas para el conteo de flores.

3.11.7. Número de frutos por cada mes

Se tomó las 5 plantas identificadas para el conteo de frutos.

3.11.8. Peso de 10 frutos por cada mes

Se pesó las 5 plantas identificadas para seleccionar 10 frutos al azar en el momento de cada cosecha para proceder a pesar con la ayuda de una balanza.

3.11.9. Largo de frutos por cada mes

Se midió el largo de los 10 frutos seleccionados al azar en el momento de cada cosecha con la ayuda de una cinta métrica en cm.

3.11.10. Circunferencia del fruto por cada mes

Se tomó la circunferencia de los 10 frutos seleccionados al azar en el momento de cada cosecha con la ayuda de la cinta métrica en cm.

3.11.11. Rendimiento por hectárea

El rendimiento estuvo determinado por el peso total de los 10 frutos recolectados en cada repetición seleccionada, esto se expresó en Kg/ha, haciendo una proyección matemática.

IV. RESULTADOS

4.1. Altura de planta

En el Cuadro 5, se observó los promedios de altura de planta en las cuatro evaluaciones mensual (septiembre a diciembre). El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas desde la primera a la cuarta evaluación.

Los coeficientes de variación fueron 5,90; 8,87; 8,10 y 8,21 %, respectivamente.

En la primera evaluación, el método de Tanque FAO, superó los promedios con 16,15 cm de altura de planta, estadísticamente superior a los demás métodos, siendo el menor promedio para el Blaney-Criddle con 12,88 cm.

El método de Tanque FAO sobresalió en la segunda evaluación con 25,50 cm de altura de planta, estadísticamente superior al resto de métodos. El menor valor fue para el método de Blaney-Criddle con 16,64 cm.

Durante la tercera evaluación, el método Tanque FAO presentó altura de planta de 37,08 cm, estadísticamente superior al resto de tratamientos, cuyo menor promedio fue para el método Blaney-Criddle con 28,00 cm.

En la cuarta evaluación, el método Tanque FAO registró 47,26 cm de altura de planta, estadísticamente superior a los demás tratamientos, siendo el método de Blaney-Criddle el de demostró menor promedio con 41,65 cm.

Cuadro 5. Altura de planta, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Altura de planta (cm)					
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2	3	4
T1	Penman	13,27 b	17,43 b	28,14 b	42,03 b
T2	Blaney-Criddle	12,88 b	16,64 b	28,00 b	41,65 b
T3	Tanque FAO	16,15 a	25,50 a	37,08 a	47,26 a
Promedio general		14,10	19,86	31,07	43,65
Significancia estadística		**	**	**	**
Coefficiente de variación (%)		5,90	8,87	8,10	8,21

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.2. Ancho de la hoja

En la primera evaluación (septiembre), el método Penman mostró el ancho de la hoja de 4,43 cm, estadísticamente igual al método Tanque FAO y superior estadísticamente al método Blaney-Criddle con 3,64 cm.

En la segunda evaluación (octubre), el método Tanque FAO registró 5,19 cm, estadísticamente igual al método de Penman y superiores estadísticamente al método de Blaney-Criddle con 4,30 cm.

En la tercera evaluación (noviembre), el método de Tanque FAO mostró el mayor valor (5,42 cm) y el menor valor el método de Blaney-Criddle (4,74 cm).

En la cuarta evaluación (diciembre), el método de Tanque FAO alcanzó 5,73 cm y el menor valor el método de Blaney-Criddle con 4,67 cm.

El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas en la primera y segunda evaluación y no se detectaron diferencias significativas en la tercera y cuarta evaluación. Los coeficientes de variación fueron 13,04; 9,32; 14,38 y 17,48 %, respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Ancho de la hoja, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

		Ancho de hoja (cm)			
tratamientos	Métodos/Mes	1	2	3	4
T1	Penman	4,43 a	4,93 a	5,30	5,21
T2	Blaney-Criddle	3,64 b	4,30 b	4,74	4,67
T3	Tanque FAO	4,38 ab	5,19 a	5,42	5,73
Promedio general		4,15	4,81	5,15	5,20
Significancia estadística		**	**	ns	ns
Coefficiente de variación (%)		13,04	9,32	14,38	17,48

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.3. Largo de la hoja

En la variable largo de la hoja, el análisis de varianza reportó diferencias significativas en la primera evaluación (septiembre) y no se detectaron diferencias significativas en la segunda (octubre), tercera (noviembre) y cuarta evaluación (diciembre). Los coeficientes de variación fueron 9,80; 7,77; 11,81 y 16,58 %, respectivamente, según se observa en el Cuadro 7.

En la primera evaluación, el método de Penman reportó 7,5 cm de largo de la hoja, estadísticamente igual al método de Tanque FAO y superiores estadísticamente al método de Blaney-Criddle con 6,5 cm.

En la segunda evaluación, el método Penman alcanzó el largo de la hoja con 8,4 cm y el método Blaney-Criddle reportó 7,6 cm.

En la tercera evaluación, el método de Tanque FAO detectó 8,8 cm y el menor valor el método de Blaney-Criddle con 8,3 cm.

El método Tanque FAO registró 9,3 cm en la cuarta evaluación, y el menor promedio fue para el método de Blaney-Criddle con 8,1 cm.

Cuadro 7. Largo de la hoja, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

		Largo de hoja (cm)			
tratamientos	Métodos/Mes	1	2	3	4
T1	Penman	7,5 a	8,4	8,6	8,2
T2	Blaney-Criddle	6,5 b	7,6	8,3	8,1
T3	Tanque FAO	7,1 ab	8,2	8,8	9,3
Promedio general		7,0	8,1	8,6	8,5
Significancia estadística		*	ns	ns	ns
Coefficiente de variación (%)		9,80	7,77	11,81	16,58

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.4. Número de hojas

En lo referente al número de hojas, no se observó diferencias significativas según el análisis de varianza (Cuadro 8).

El método de Tanque FAO superó los promedios en la primera evaluación en septiembre (28,2 hojas) y el menor valor el método de Blaney-Criddle (23,5 hojas).

En la segunda evaluación en octubre, el método Penman registró mayor valor (33,1 hojas) y el menor promedio fue para el método de Blaney-Criddle (28,5 hojas).

El método de Tanque FAO alcanzó mayor promedio en la tercera evaluación en noviembre (40,9 hojas) y el menor valor el método de Blaney-Criddle (39,4 hojas).

El método de Tanque FAO obtuvo mayor promedio en la cuarta evaluación en diciembre (48,8 hojas) y el menor valor el método de Penman (44,8 hojas).

Los coeficientes de variación fueron 15,15; 12,02; 12,87 y 11,65 %.

Cuadro 8. Número de hojas, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Numero de hojas/por planta					
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2	3	4
T1	Penman	27,8	33,1	40,6	44,8
T2	Blaney-Criddle	23,5	28,5	39,4	45,0
T3	Tanque FAO	28,2	32,9	40,9	48,8
Promedio general		26,5	31,5	40,3	46,2
Significancia estadística		ns	ns	ns	ns
Coefficiente de variación (%)		15,15	12,02	12,87	11,65

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.5. Número de flores

En la variable número de flores, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas desde la primera a tercera evaluación (septiembre a noviembre) y diferencias altamente significativas en la cuarta evaluación (diciembre). Los coeficientes de variación fueron 9,96; 6,60; 18,83 y 16,19 %, respectivamente, según se observó en el Cuadro 9.

En la primera evaluación, el método de Tanque FAO reportó 1,0 flor, a diferencia de los otros métodos que no registraron flores.

En la segunda evaluación (octubre), el método Tanque FAO mostró 11,4 flores y el menor promedio fue para el método de Blaney-Criddle con 7,9 flores.

El método de Tanque FAO obtuvo mayor promedio en la tercera evaluación con 6,2 flores y el menor valor el método de Blaney-Criddle con 4,8 flores.

En la cuarta evaluación, el método Tanque FAO reportó 20,3 flores, estadísticamente superiores a los demás tratamientos, siendo el menor promedio para el método de Blaney-Criddle con 10,7 flores.

Cuadro 9. Número de flores, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

		Número de flores/planta			
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2	3	4
T1	Penman	0,4	10,2	5,9	13,5 b
T2	Blaney-Criddle	0,3	7,9	4,8	10,7 b
T3	Tanque FAO	0,7	11,4	6,2	20,3 a
Promedio general		0,4	9,8	5,6	14,8
Significancia estadística		ns	ns	ns	**
Coefficiente de variación		9,96	6,60	18,83	16,19

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.6. Circunferencia del tallo

Para la circunferencia del tallo, el análisis de varianza no detectó diferencias altamente significativas en la primera evaluación (septiembre) y diferencias altamente significativas en la segunda (octubre), tercera (noviembre) y cuarta evaluación (diciembre). Los coeficientes de variación fueron 12,53; 8,96; 6,90 y 5,46 %, respectivamente (Cuadro 10).

En la primera evaluación, el método Tanque FAO registró mayor valor (2,0 cm) y el menor promedio fue para el método de Penman (1,7 cm).

El método de Tanque FAO registró 2,4 cm de la circunferencia del tallo en la segunda evaluación (2,4 cm), estadísticamente igual al método Blaney-Criddle y superior estadísticamente para el método de Penman (2,1 cm).

En la tercera evaluación, el método Tanque FAO reportó 2,9 cm de la circunferencia del tallo, estadísticamente superior a los métodos de Penman y Blaney-Criddle que registraron 2,5 cm.

En la cuarta evaluación, el método Tanque FAO mostró 3,4 cm de la circunferencia del tallo, estadísticamente superior a los demás métodos, siendo el método de Penman que

demostró menor promedio con 2,7 cm.

Cuadro 10. Circunferencia del tallo, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Circunferencia del tallo (cm)					
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2	3	4
T1	Penman	1,7	2,1 b	2,5 b	2,7 b
T2	Blaney-Criddle	1,8	2,2 ab	2,5 b	2,9 b
T3	Tanque FAO	2,0	2,4 a	2,9 a	3,4 a
Promedio general		1,8	2,2	2,6	3,0
Significancia estadística		ns	**	**	**
Coefficiente de variación (%)		12,53	8,96	6,90	5,46

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.7. Número de frutos

En el Cuadro 11, se observó los promedios de número de frutos en la primera y segunda evaluación (noviembre y diciembre). El análisis de varianza reportó diferencias significativas en la primera evaluación y no se observaron diferencias significativas en la segunda evaluación.

Los coeficientes de variación fueron 14,85 y 17,21 %, respectivamente.

En la primera evaluación, el método de Tanque FAO, registró los promedios con 8,9 frutos/planta, estadísticamente igual al método de Penman y superiores estadísticamente al método de Blaney-Criddle con 6,3 frutos/planta.

El método de Tanque FAO demostró mayor promedio en la segunda evaluación con 6,0 frutos/planta, y el menor promedio fue para el método de Blaney-Criddle con 5,5 frutos /planta.

Cuadro 11. Número de frutos/planta, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Números de Frutos/Planta			
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2
T1	Penman	7,6 ab	5,9
T2	Blaney-Criddle	6,3 b	5,5
T3	Tanque FAO	8,9 a	6,0
Promedio general		7,6	5,8
Significancia estadística		*	ns
Coefficiente de variación (%)		14,85	17,21

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.8. Circunferencia del fruto

Los promedios de la circunferencia del fruto de la primera y segunda evaluación (noviembre y diciembre) se presentan en el Cuadro 12. El análisis de varianza reportó diferencias significativas en la primera y segunda evaluación.

Los coeficientes de variación fueron 4,53 y 7,04 %, respectivamente.

En la primera evaluación, el método de Tanque FAO, alcanzó los promedios con 11,5 cm, estadísticamente igual al método Penman y superior estadísticamente al método de Blaney-Criddle con 10,7 cm.

El método de Tanque FAO alcanzó mayor promedio en la segunda evaluación con 8,7 cm, estadísticamente igual al método de Blaney-Criddle y superiores estadísticamente al método de Penman con 7,7 cm.

Cuadro 12. Circunferencia del fruto, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Circunferencia del fruto (cm)			
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2
T1	Penman	11,0 ab	7,7 b
T2	Blaney-Criddle	10,7 b	8,3 ab
T3	Tanque FAO	11,5 a	8,7 a
Promedio general		11,1	8,2
Significancia estadística		*	*
Coefficiente de variación (%)		4,53	7,04

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.9. Largo de los frutos

En la variable largo de los frutos, no se detectó diferencias significativas en la primera evaluación y segunda evaluación (noviembre y diciembre). Los coeficientes de variación fueron 6,96 y 8,53 %, respectivamente (Cuadro 13).

En la primera evaluación, el método de Tanque FAO, mostró promedios con 10,3 cm y los menores promedios para los métodos de Penman y Blaney-Criddle, ambos con 10,0 cm.

El método de Tanque FAO alcanzó mayor promedio en la segunda evaluación con 9,7 cm y el menor promedio fue para el método de Blaney-Criddle con 8,8 cm.

Cuadro 13. Largos de los frutos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Largo del fruto (cm)			
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2
T1	Penman	10,0	8,9
T2	Blaney-Criddle	10,0	8,8
T3	Tanque FAO	10,3	9,7
Promedio general		10,1	9,1
Significancia estadística		ns	ns
Coefficiente de variación (%)		6,96	8,53

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.10. Peso de 10 frutos

En el Cuadro 14, se registró los promedios de peso de 10 frutos. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas en la primera y segunda evaluación (noviembre y diciembre). Los coeficientes de variación fueron 25,07 y 19,91 %, respectivamente.

En la primera evaluación, el método de Tanque FAO, alcanzó los promedios con 0,44 kg y el menor promedio correspondió al método de Blaney-Criddle con 0,37 kg.

El método de Tanque FAO alcanzó mayor promedio en la segunda evaluación con 0,42 kg y el menor promedio fue para el método de Blaney-Criddle con 0,40 kg.

Cuadro 14. Peso de 10 frutos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Peso del fruto (kg)			
Tratamientos	Métodos/Mes	1	2
T1	Penman	0,41	0,41
T2	Blaney-Criddle	0,37	0,40
T3	Tanque FAO	0,44	0,42
Promedio general		0,41	0,41
Significancia estadística		ns	ns
Coefficiente de variación (%)		25,07	19,91

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.11. Rendimiento (Kg/ha)

En el Cuadro 15, se registró los valores de rendimiento de fruto fresco por hectárea en kilogramos. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas, el promedio general fue 111,89 kg/ha y el coeficiente de variación fue 7,35 %.

El mayor valor lo reportó el tratamiento tanque FAO con 145,90 kg/ha que es igual estadísticamente a los demás tratamientos y cuyo menor valor lo presentó el tratamiento Blaney-Criddle con 83,01 kg/ha.

Cuadro 15. Rendimiento total, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Tratamientos		Promedio del rendimiento de pimiento (kg/ha)
	Métodos	
1	Penman	106,77
2	Blaney-Cridle	83,01
3	Tanque FAO	145,90
Promedio general		111,89
Significancia estadística		ns
Coefficiente de variación (%)		7,35

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan.

ns: no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos se concluye:

- La mayor altura de planta en todas las evaluaciones se registró cuando se utilizó el método de Tanque FAO.
- El ancho y largo de la hoja del tratamiento tanque FAO reportó diferencias altamente significativas en la primera y segunda evaluación, disminuyendo en la tercera y cuarta evaluación, donde no se obtuvieron diferencias significativas.
- El método de Blaney-Criddle presentó menor número de hojas en todas las evaluaciones.
- El método de Tanque FAO influyó para que existan mayor número de hojas, flores y circunferencia del tallo.
- En lo referente al número de frutos/planta, circunferencia del fruto, largo del fruto y peso de 10 frutos, sobresalieron sus promedios con el método de Tanque FAO.

Por lo anterior detallado, se recomienda:

- Utilizar el método de Tanque FAO, por los resultados demostrados en la presente investigación.
- Efectuar investigaciones con diferentes láminas de agua calculadas en otros cultivos de hortalizas.
- Realizar el mismo ensayo, bajo otras condiciones agroecológicas con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en la presente investigación.

VI. RESUMEN

El presente trabajo experimental se efectuó en los terrenos del Sr. Freddy Pendolema, ubicado en la ciudad de Babahoyo, calle Juan X Marcos y la E. La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 25,7 °C, precipitación media anual de 1845 mm, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliofanía promedio anual.

Como material experimental se utilizó el Pimiento híbrido Nathalie. Los objetivos planteados fueron establecer los requerimientos hídricos del cultivo de pimiento para maximizar su producción; evaluar el método hídrico más eficaz para el desarrollo y rendimiento del cultivo y utilizar un diseño experimental que nos ayude a evaluar las mejores muestras para obtener un resultado exacto para un buen requerimiento hídrico del cultivo.

Los tratamientos estuvieron conformados por los métodos de Penman, Blaney-Criddle y Tanque FAO. Se utilizó el diseño experimental de Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos y cinco repeticiones. Para realizar la comparación de las medias de los tratamientos se utilizará la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de significancia.

Se realizaron los métodos para calcular láminas de agua y fórmulas utilizadas de Penman, Blaney-Criddle y Tanque evaporímetro, por un método de trasplante a sitio definitivo. Los datos evaluados fueron las láminas de agua calculada por los métodos, altura de planta, ancho y largo de la hoja, número de hojas y flores, circunferencia del tallo, número, circunferencia y largo de frutos y peso de 10 frutos.

Por los resultados obtenidos se determinó que el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento demostró resultados favorables ante la aplicación de láminas de agua calculadas por tres métodos diferentes; la mayor altura de planta en todas las evaluaciones se registró cuando se utilizó el método de Tanque FAO; el ancho y largo de la hoja reporto diferencias altamente significativas en la primera y segunda evaluación, disminuyendo en la tercera y cuarta evaluación, donde no se obtuvo diferencias significativas; el método de

Blaney-Criddle presentó menor número de hojas en todas las evaluaciones; el método de Tanque FAO influyó para que existan mayor número de hojas, flores y circunferencia del tallo y en lo referente al número de frutos/planta, circunferencia del fruto, largo del fruto y peso de 10 frutos, sobresalieron sus promedios con el método de Tanque FAO.

Palabras Claves: *Capsicum annum*, riego, Penman, Blaney-Criddle, Tanque FAO

SUMMARY

This experimental work was conducted on the grounds of Mr. Freddy Pendolema, located in the city of Babahoyo, Street Juan X Mark and E. The area has a humid tropical climate, with annual average temperature of 25,7 °C annual, rainfall of 1845 mm, relative humidity of 76 % and 804.7 hours of average annual heliophany.

The Nathalie hybrid pepper was used as experimental material. The proposed objectives were to establish the water requirements of the pepper crop to maximize its production; evaluate the most effective hydric method for the development and yield of the crop and use an experimental design that helps us to evaluate the best samples to obtain an exact result for a good water requirement of the crop.

The treatments were conformed by the Penman, Blaney-Criddle and FAO Tank methods. The experimental Design of Design of Complete Blocks Randomized (DBCA) with three treatments and five repetitions was used. To make the comparison of the means of the treatments, the Duncan Multiple Range test will be used at 5 % of significance.

Methods to calculate water sheets and formulas used Penman, Blaney-Criddle and evaporimeter tank, by a method of transplantation to final site were performed. The data were evaluated water depth calculated by the methods, plant height, width and length of the blade, number of leaves and flowers, stem circumference, number, circumference and length of fruits and weight of 10 fruits.

From the results obtained it was determined that the water requirement of the pepper crop showed favorable results before the application of sheets of water calculated by three different methods; the highest plant height in all evaluations was recorded when the FAO Tank method was used; the width and length of the leaf reported highly significant differences in the first and second evaluation, decreasing in the third and fourth evaluation, where no significant differences were obtained; the Blaney-Criddle method presented fewer leaves in all evaluations; the method of Tanque FAO influenced so that there are more leaves, flowers and stem circumference and in relation to the number of

fruits / plant, fruit circumference, length of fruit and weight of 10 fruits, they stood their averages with the method of FAO tank.

Keywords: *Capsicum annum*, irrigation, Penman, Blaney-Criddle, FAO tank

VII. LITERATURA CITADA

- Amézquita, E. 2016. Requerimientos de agua y nutrición de cultivos de flores. XI Congreso Nacional Agronómico, Congreso Nacional de Suelos. CIAT. Apartado. Aereo. 6713, Cali – Colombia. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_215.pdf
- Coras, P. 2017. Lámina de agua superficial a evacuar en suelos agrícolas. Terra Latinoamericana, vol. 25, núm. 4. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. pp. 393-397
- Coras, P., Hahn Schlam, F., Diakite, L., y Arteaga, R. 2016. Escurrimiento superficial como fuente de excesos de agua sobre terrenos agrícolas tropicales Agricultura Técnica en México, vol. 32, núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Texcoco, México. pp. 161-169
- Deaquiz, Y., Álvarez, J. y Pinzón, L. 2014. Efecto de diferentes láminas de riego sobre la producción y calidad de fresa (*Fragaria sp.*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 8, No. 2. pp. 192-205.
- Duarte, C., y Sarmiento, O. 2013. Influencia de tratamiento alternativo del agua de riego en los requerimientos hídricos de algunas hortalizas para condiciones de deficiencias hídricas. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 12. Universidad del Valle Cali, Colombia. pp. 91-99.
- Fuentes Yangué, J. (1999). Técnicas de riego. Mexico: Mundi-Prensa Mexico. Obtenido de Sistema de riego en la agricultura.
- Gómez, A., Rojas, H., Vallejo, F. y Estrada, E. 2012. Determinación del requerimiento hídrico del pimentón en el municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca Acta Agronómica, vol. 59, núm. 4. Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia. pp. 442-448

- Guevara, J. 2013. La fórmula de Penman-Monteith FAO 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia, ETo Terra Nueva Etapa, vol. XXII, núm. 31. Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela. pp. 31-72
- Hernández, J., Landeros, C., Martínez, J., López, G., Platas, D., Nikolskii, I. 2017. Valoración de la evapotranspiración real estimada y rendimiento de caña de azúcar en Veracruz, México Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, núm. 5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. pp. 1013- 1019
- INFOAGRO. (2012). El cultivo de Pimiento. Obtenido de Humedad: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>.
- Infoagro. 2018. El cultivo de pimiento. Disponible en <http://canales.hoy.es/canalagro/datos/hortalizas/pimiento3.htm>
- Intagri. 2018. Importancia de la Evaluación de la Eficiencia de los Sistemas de Riego por Goteo. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/importancia-de-la-evaluacion-de-la-eficiencia-de-los-sistemas-de-riego>
- Lopez Avendaño, J. (2014). Metodo de Penman. http://irrigacion.weebly.com/uploads/4/0/4/7/404744/etp-mtodo_de_penman-monteith.doc.
- Máximo Bolívar, P. (2013). Estudios e Investigaciones Meteorológicas INAMHI - Ecuador. Quito.
- Moreno Rocha, A. (2015). Universidad Central Del Ecuador. Obtenido de Respuesta del cultivo de pimiento (*capsicum annum* L.) Var. Nathalie bajo invernadero a la aplicación foliar complementaria con tres tipos de lactofermentos: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7073/1/T-UCE-0004-37.pdf>
- Moreno Valencia , A., Rivas Elcorobarrutia, F., & Cabello Cabello , M. (2004). El cultivo de pimiento. Extracto de la revista agricultura. Obtenido de Disponible en

http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos/abonado_cultivos/cult_pimiento.htm

- Mossande, A., Brown, O. y Mujica, A. 2015. Requerimientos hídricos del tomate en el valle de Cavaco en Benguela, Angola Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 24, núm. 2. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba. pp. 5-10
- Nieto, A., Troyo, E., García, J., Murillo, B., Ruiz, F., Pimienta, E. 2016. Efecto del estrés hídrico edáfico en emergencia y desarrollo de plántula en las especies de chile *Capsicum frutescens* L. y *Capsicum annum* L. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 3. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. pp. 405-413
- Ojeda, W., Sifuentes, E., Íñiguez, M., Montero, M. 2014. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. Agrociencia, vol. 45, núm. 1. Colegio de Postgraduados Texcoco, México. pp. 1-11
- Ortiz, J., Miranda, H. y Ceballos, S. 2012. Variabilidad espacial de la lámina de agua y rendimiento de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo riego por aspersión Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 3, núm. 3. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. pp. 497-507
- Perez Toapanta, M. (2014). Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de bioestimulante para la producción de pimiento ornamental (*capsicum annum*) bajo invernadero. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Rivera, L. 2005. Riego, conjunto Tecnológico para la Producción de Pimiento. Estación Experimental Agrícola. Puerto Rico. Disponible en <http://136.145.11.14/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Riego-v2005.pdf>
- Sánchez, C., Arrieta, A., Flórez, S., Mercado, T., Martínez, J., y Martínez, A. 2014.

Requerimiento hídrico de la berenjena *Solanum melongena* L. bajo riego por goteo en el Valle del Sinú *Agronomía Colombiana*, vol. 22, núm. 2. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. pp. 170-176

Santiago, S., Arteaga, R., Sangerman, D., Cervantes, R. y Navarro, A. 2012. Evapotranspiración de referencia estimada con Fao-Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves y RNA *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 3, núm. 8. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. pp. 1535-1549

Tijerina, L. 2014. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación *Terra Latinoamericana*, vol. 17, núm. 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. pp. 237-245

Zermeño, A., Melendres, A., Fuerte, L., Munguia, J. e Ibarra, L. 2017. Tasa de evapotranspiración del cultivo de la vid y su relación con la de referencia del método FAO PENMAN-MONTEITH *Agrociencia*, vol. 51, núm. 1. Colegio de Postgraduados Texcoco, México. pp. 1-12

ANEXOS

Anexo 1. Datos de la estación meteorológica UTB (Años 2010-2015)

Figura 1A. Datos de la estación meteorológica UTB 2010

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO																	
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS																	
ESTACIÓN METEOROLÓGICA																	
INAMHI																	
Año: 2010 - Longitud: 790.32' W - Latitud: 032.48' S - Elevación: 8 msnm																	
MESES	TEMPERATURA					HUMEDAD			PRECIPITACIÓN				VIENTO				
	Media	Max. Absoluta	Min. Absoluta	Max. Media	Min. Media	Relativa %	Tensión del vapor	Punto de rocío	Total (mm)	Max. 24 horas (mm)	Fecha de la max.	# de días	EVAPORACIÓN (mm)	RELATIVIDAD (%)	NUMERIDAD Ocasos	Dirección	Velocidad (m/s)
ENE	26,2	34,7	22,2	31,5	22,2	79	26,8	22,2	207,3	37	21	24	98,5	78,7	7,5	SW	1,1
FEB	26,6	34,2	22,7	32	23,7	81	27,9	22,9	612,6	107,7	5	27	89	74,7	7,5	SW	1
MAR	27	34,2	22,8	32	24	82	28,8	23,4	289,7	57,2	19	25	109,9	85,7	7,3	SW	1,2
ABR	27,2	34,5	22	32,4	24,1	82	29	23,7	382	93,6	4	23	113,4	119,3	7,2	SW	1
MAY	26,6	33,5	22,5	31,6	23,7	82	28,2	23,1	142,1	115,7	2	12	101,4	77,3	7,5	SW	1
JUN	25	33,6	20	29,8	22	82	26	21,7	4,9	1,9	25	8	77,9	43,8	7,7	SW	1
JUL	24,6	33,7	19,8	29,6	21,2	73	25	21,1	7,3	2,8	12	9	79,5	35,5	7,7	SW	1
AGO	24,6	33,2	18,7	29,4	20,5	78	24	19,8	0,8	0,3	14	4	92,7	42,5	7,7	SW	1
SEP	24,6	33,5	19,8	30	20,6	78	24	20,5	2,6	1,2	7	7	93,3	25,9	7	SW	1
OCT	23,2	35,2	19,5	30,7	20,5	79	23,4	20	0	0	0	0	106,4	71	7,6	SE	1
NOV	23,4	32,6	18,5	29,8	20,1	80	22,8	19,6	6,4	5,2	13	4	91,1	30,5	7,8	SW	1
DIC	25,7	32,6	20,2	30,3	21,1	81	24,2	20,6	172,3	67,4	29	1,9	79,8	40,2	7,6	SW	1
AÑO	25,399667	33,2	18,5	30,758333	21,975	79,75	25,841667	21,35	3048	116	2	144,9	112,9	72,1	7,508333	SW	1,025

Figura 2A. Datos de la estación meteorológica UTB 2011

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO																	
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS																	
ESTACIÓN METEOROLÓGICA																	
Año: 2011 - Longitud: 790.32' W - Latitud: 032.48' S - Elevación: 8 msnm																	
MESES	TEMPERATURA					HUMEDAD			PRECIPITACIÓN				VIENTO				
	Media	Max. Absoluta	Min. Absoluta	Max. Media	Min. Media	Relativa %	Tensión del vapor	Punto de rocío	Total (mm)	Max. 24 horas (mm)	Fecha de la max.	# de días	EVAPORACIÓN (mm)	RELATIVIDAD (%)	NUMERIDAD Ocasos	Dirección	Velocidad (m/s)
ENE	24	34,4	20,2	31,5	22	83	25,6	21,4	288,4	62	28	20	338,3	74,6	7,5	SW	1
FEB	25,4	33,7	21,2	31,7	23,1	84	27,1	22,4	386,6	74,7	24	19	338,6	97,2	7,3	SW	1
MAR	26,4	35,3	21,7	33,4	23,6	78	27,1	22,4	386,6	74,7	24	19	338,6	97,2	7,3	SW	1
ABR	26	34,2	22	32,5	23,2	83	27,8	22,8	534,4	76,2	3	26	122,3	126,9	7,1	SW	1
MAY	25,7	34,2	21,6	31,7	23,1	82	27	22,4	1,9	0,7	14	2	122,9	102,5	7,6	SE	1
JUN	24,8	33,8	21,1	30,1	22,4	86	26,6	22,2	31	36,5	16	10	83	46,7	7,8	SW	1
JUL	23,9	32,4	20,3	29,6	21,9	86	25,7	21,5	104,4	44,5	13	7	75,9	31,4	7,8	SW	1
AGO	23,6	31,6	20,2	29	20,7	83	24,2	20,5	0,4	0,4	29	1	86,3	30,4	7,8	SW	1
SEP	22,2	33,2	19,2	30,5	20,5	82	24,2	20,5	3,6	3,6	24	1	116,7	55,7	7,5	SW	1
OCT	23,5	33,1	19,5	29,3	20,4	82	22,6	20	0,3	3	11	1	111	42,5	7,6	SW	1
NOV	24,1	34,8	19,2	30,9	20,9	86	24,1	20,4	86	83	13	2	142,6	84,8	7	SW	1
DIC	25,2	35	20,2	32	22,2	82	25,8	21,6	57,4	23,7	26	8	144	99,1	7,3	SW	1
AÑO	24,6	35,3	19,2	31	22	83	25,85	21,5	1586,9	76,2	3	116	1375,4	96,15			1

Figura 3A. Datos de la estación meteorológica UTB 2012

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO																	
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS																	
ESTACIÓN METEOROLÓGICA																	
Año: 2012 - Longitud: 790.32' W - Latitud: 032.48' S - Elevación: 8 msnm																	
MESES	TEMPERATURA					HUMEDAD			PRECIPITACIÓN				VIENTO				
	Media	Max. Absoluta	Min. Absoluta	Max. Media	Min. Media	Relativa %	Tensión del vapor	Punto de rocío	Total (mm)	Max. 24 horas (mm)	Fecha de la max.	# de días	EVAPORACIÓN (mm)	RELATIVIDAD (%)	NUMERIDAD Ocasos	Dirección	Velocidad (m/s)
ENE	24,5	33,5	21,1	30,2	22,1	88	23	22,4	516,1	172,8	22	25	84,8	50,9	7,6	SW	1
FEB	24,8	33,6	21,4	31,3	22,7	88	27,5	22,6	1063,2	157,8	27	25	82,6	88,7	7,9	SW	1
MAR	26	34,3	22	32,6	25,5	87	28,9	22,7	1039,5	127,8	23	29	100,9	142,5	7,7	SW	1
ABR	26,3	34,2	22,7	32,6	25,7	85	29	23,5	380,6	72,3	23	23	863,4	104,9	7	SE	1
MAY	26	33,7	22,2	31,7	23,5	84	28,1	23	125,9	79,6	6	18	112,1	94,1	7,2	SE	1
JUN	25,2	33,5	22	30,1	22,9	86	27,5	22,7	46	25	21	4	97,9	57,8	7,4	SW	1
JUL	24,1	33,2	20	30,8	21,4	85	26,4	21,3	1,4	1,2	1	2	98,5	67,7	7,6	SW	1
AGO	23,3	32,8	19,2	29,4	20,4	85	23,7	20,6	1,3	0,8	24	3	92,3	50,6	7,8	SW	1
SEP	23,4	32,8	20	29,9	20,8	85	24,3	20,6	1,6	1,2	24	2	98,8	41,6	7,8	SW	1
OCT	23,5	33,6	20	30,1	20,8	84	24,4	20,6	7,4	1,8	30	7	116	51,8	7,6	SW	1
NOV	24,2	33,8	20,4	31,2	21,5	82	24,5	20,8	4,4	2	6	3	129,8	72	7,9	SW	1
DIC	23,8	33,8	20,6	31,2	22	82	25,2	21,2	23,3	15,5	31	5	139,6	70,1	7,4	SW	1
AÑO	24,6	34,3	19,2	30,9	22,1	85	26,7	24	3369,3	172,8	22	146	1516,7	892,7			

Figura 4A. Datos de la estación meteorológica UTB 2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO																	
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS																	
ESTACIÓN METEOROLÓGICA																	
INAMHI																	
Año: 2013 - Longitud: 790 32' W - Latitud: 010 49' S - Elevación: 8 msnm																	
MESES	TEMPERATURA					HUMEDAD			PRECIPITACIÓN				EVAPORACIÓN (mm)			VIENTO	
	Media	Max. Absoluta	Min. Absoluta	Max. Media	Min. Media	Relativa %	Tensión del vapor	Punto de rocío	Total (mm)	Max. 24 horas (mm)	Fecha de la max.	# de días	HELIOFANIA (Hs)	NUBOSIDAD Octavos	Dirección	Velocidad (m/seg)	
ENE	24,6	34,7	20,6	29,6	22,7	86	27	22,4	205	25,8		31	84,9	14,3	7,7	SW	1,0
FEB	24,7	33,5	21,3	30,9	22,9	88	27	22,4	571,7	95,6	25	20	83,7	52,6	7,6	SW	1,0
MAR	25,6	33,7	22,6	31,2	23,6	86	28,1	23	813,2	130,4	1	10	107	75,6	7,5	SW	1,0
ABR	25,1	33,3	22,2	31,3	23,4	85	27,6	22,7	334,4	120,8	10	16	234,4	76,5	7,5	SW	1,0
MAY	24,2	33,2	21,5	29,8	22,3	85	25,7	21,5	20,2	2,1	5	18	81,7	34,4	7,3	SE	1,0
JUN	23,6	31,3	20	28,6	21,4	86	25,2	21,3	3,9	1,9	11	2	72,6	23,7	7,3	SE	1,0
JUL	22,9	32,4	19,2	27,9	20,4	84	23,3	19,9	0	0	2	3	70,6	31,9	7,5	SW	1,0
AGO	22,9	32,4	19,4	26,2	19,4	84	23,4	20	0	0	7	2	96,4	67,1	7,4	SW	1,0
SEP	23,4	33,5	19,8	30,6	21,1	83	23,4	20,2	0	0	14	2	120,6	70,3	7,4	SW	1,0
OCT	25,6	33,2	20,1	30	21	84	24,4	20,6	2,2	2,2	15	4	111,3	46	7	SW	1,0
NOV	23,8	31,6	20	29,2	21,4	84	24,7	20,4	0,6	0,4			96,8	0	7,8	SW	1,0
DIC	24,5	33,8	20,5	31,7	22,3	83	25,1	21,1	2,7	2,2	24	31	61,2	94,1	7,2	SW	1,1
AÑO	24,2416667	34,7	19,2	29,75	21,825	84,8333333	25,4083333	21,2916667	1953,9	130	1	139	1221,2	586,5	7,43333333	SW	1

Figura 5A. Datos de la estación meteorológica UTB 2014

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO																	
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS																	
ESTACIÓN METEOROLÓGICA																	
INAMHI																	
Año: 2014 - Longitud: 790 32' W - Latitud: 010 49' S - Elevación: 8 msnm																	
MESES	TEMPERATURA					HUMEDAD			PRECIPITACIÓN				EVAPORACIÓN (mm)			VIENTO	
	Media	Max. Absoluta	Min. Absoluta	Max. Media	Min. Media	Relativa %	Tensión del vapor	Punto de rocío	Total (mm)	Max. 24 horas (mm)	Fecha de la max.	# de días	HELIOFANIA (Hs)	NUBOSIDAD Octavos	Dirección	Velocidad (m/seg)	
ENE	24,1	32,7	20,8	32,5	21,7	85	25,2	21,3	440,7	24,7		31	62,7	95,3	7,1	SW	1,0
FEB	24,4	33,5	22,2	31,4	23,0	86	25,3	21,5	505,5	89,5	25	20	64,7	92,2	7,4	SE	1,0
MAR	25,1	33,8	22,4	32,4	23,5	82	24,5	20,7	122,9	382	1	10	137,4	128,2	7,3	SW	1,0
ABR	25,1	32,8	22,3	30,8	23,4	88	28,0	22,9	106,7	186	10	16	106,8	62,6	7,2	SW	1,0
MAY	25,0	33,5	22,4	31,3	23,3	88	27,6	22,7	553,4	145,6	5	18	81,9	66,5	7,3	SE	1,0
JUN	24,6	32,7	22,5	32,7	24,1	89	27,8	21,9	0,5	0,4	11	2	100,4	73	6,7	SE	1,0
JUL	23,9	32,8	20,7	30,2	22,1	88	26,1	21,8	15,2	12,2	2	3	89,2	35,8	7,3	SE	1,0
AGO	23,6	32,8	20,0	24,1	21,4	87	25,2	21,2	1,1	1,0	7	2	113,5	63,9	7,1	SW	1,0
SEP	23,3	31,6	19,8	28,6	20,9	86	24,2	20,5	3,7	1,2	14	2	81,1	64,5	7,9	SE	1,0
OCT	23,7	32,5	20,0	25,4	20,6	85	24,7	20,9	6,3	2,2	15	4	113,6	49,1	7,2	SE	1,0
NOV	23,9	32,2	20,1	30,2	21,3	86	25,0	21,2	0,0	0,0			99,9	51,5	7,8	SE	1,0
DIC	23,7	32,5	20,5	31,3	21,7	86	24,7	21,3	5,9	2,7	24	31	93,6	52,3	7,5	SE	1,2
AÑO	24,9	33,8	19,8	32,7	24,1	86	28,0	22,9	1761,2	145,6	5	108	1144,8	834,9	7,3	SE	1,1

Figura 6A. Datos de la estación meteorológica UTB 2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO																	
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS																	
ESTACIÓN METEOROLÓGICA																	
INAMHI																	
Año: 2015 - Longitud: 790 32' W - Latitud: 010 49' S - Elevación: 8 msnm																	
MESES	TEMPERATURA					HUMEDAD			PRECIPITACIÓN				EVAPORACIÓN (mm)			VIENTO	
	Media	Max. Absoluta	Min. Absoluta	Max. Media	Min. Media	Relativa %	Tensión del vapor	Punto de rocío	Total (mm)	Max. 24 horas (mm)	Fecha de la max.	# de días	HELIOFANIA (Hs)	NUBOSIDAD Octavos	Dirección	Velocidad (m/seg)	
ENE	25,3	32,8	20,5	20,7	30,4	85	26,4	22,1	146,7	43,2	20	9	75,6	31,8	7	SE	1,0
FEB	24,2	33,2	20,0	30,3	21,7	84	25,2	21,1	181,4	318	26	23	88,5	55,8	7	SE	1,0
MAR	24,5	32,8	20,4	31,0	22,7	89	26,9	22,4	455,8	112,6	25	15	79,3	23,7	7	SE	1,0
ABR	24,7	32,5	20,7	31,7	22,2	88	26,7	22,2	466,4	103,4	28	28	81,4	56,8	7	SE	1,0
MAY	25,4	32,8	20,8	31,5	22,2	82	25,6	22,2	132,1	75,3	25	5	78,5	35,6	7	SW	1,0
JUN	24,8	33,3	22,6	31,7	23,1	86	25,8	23,2	107,5	46,8	8	7	75,5	40,6	7	SE	1,0
JUL	24,6	32,8	22,7	32,6	23,3	86	25,5	23,6	10,5	6,7	20	5	82,4	44,5	7	SE	1,0
AGO	24,4	32,5	23,2	31,6	23,1	84	25,2	23,4	3	3	10	1	78,6	20	7	SE	1,0
TOTAL	24,7	33,3	20	30,1	23,5	85,5	25,9	22,5	1500,7	318	26	93	639,8	308,8	7	SE	1,0

Cuadro 1A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de septiembre

SEPTIEMBRE						
AÑOS	TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA	TEMPERATURA MAXIMA MEDIA	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	HORAS DE HELIOFANIA (Hs)	EVAPORACION (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)
2015	33,1	30,8	1	67,8	110,2	84
2014	31,6	28,6	1	64,5	81,1	86
2013	33,5	30,6	1	70,3	120,6	83
2012	32,8	29,9	1	41,6	98,8	85
2011	33,2	30,5	1	55,7	116,7	82

Cuadro 2A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de octubre

OCTUBRE						
AÑOS	TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA	TEMPERATURA MAXIMA MEDIA	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	HORAS DE HELIOFANIA (Hs)	EVAPORACION (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)
2015	32,1	28,5	1	50,1	112,2	83
2014	32,5	25,4	1	49,1	113,6	85
2013	33,2	30	1	46	111,3	84
2012	33,6	30,1	1	51,8	116	84
2011	33,1	29,3	1	42,5	111	82

Cuadro 3A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de noviembre

NOVIEMBRE						
AÑOS	TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA	TEMPERATUR A MAXIMA MEDIA	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	HORAS DE HELIOFANIA (Hs)	EVAPORACION (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)
2015	33,1	30,2	1	50,8	140,5	85
2014	32,2	30,2	1	51,5	99,9	86
2013	31,6	29,2	1	0	96,8	84
2012	33,8	31,2	1	72	129,8	82
2011	34,8	30,9	1	84,8	142,6	86

Cuadro 4A. Datos utilizados para calcular la lámina de agua en el mes de diciembre

DICIEMBRE						
AÑOS	TEMPERATURA MAXIMA ABSOLUTA	TEMPERATURA MAXIMA MEDIA	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	HORAS DE HELIOFANIA (Hs)	EVAPORACION (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)
2015	30.10	30,4	1	75,5	80,4	84
2014	32,5	31,3	1,2	52,3	93,6	86
2013	33,8	31,7	1	94,1	61,2	83
2012	33,8	31,2	1	70,1	139,6	82
2011	35	32	1	99,1	144	82

Anexo 2. Datos tomados del trabajo experimental.

Cuadro 1B. Altura de plantas mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

ALTURA DE PLANTAS MES SEPTIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	13,18	13,25	12,38	13,63	13,90
BLANNEY	13,73	12,75	11,63	12,38	13,90
TANQUE FAO	17,50	15,35	16,50	16,13	15,25

Cuadro 2B. Número de hojas mes septiembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Nª DE HOJAS MES SEPTIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	25,25	33,75	29,75	28,00	22,25
BLANNEY	21,75	19,00	26,75	27,50	22,25
TANQUE FAO	26,75	27,25	34,50	28,75	23,50

Cuadro 3B. Largo de hoja mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

LARGO DE HOJA MES SEPTIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	7,50	8,38	6,50	7,50	7,63
BLANNEY	6,88	6,38	5,75	5,88	7,63
TANQUE FAO	7,13	7,50	6,13	7,00	7,75

Cuadro 4B. Ancho de hoja mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

ANCHO DE HOJA MES SEPTIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	4,50	4,75	5,00	4,75	3,13
BLANNEY	3,68	3,63	3,63	4,13	3,13
TANQUE FAO	4,13	4,88	4,50	4,63	3,75

Cuadro 5B. Circunferencia del tallo mes septiembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

CIRCUNFERENCIA DEL TALLO MES SEPTIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	2,10	1,28	1,60	1,88	1,75
BLANNEY	1,88	2,08	1,48	1,65	1,75
TANQUE FAO	2,15	2,08	2,00	1,85	2,03

Cuadro 6B. Número de flores mes septiembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

N^a DE FLORES MES SEPTIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	0,25	0,75	0,50	0,25	0,00
BLANNEY	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00
TANQUE FAO	1,00	0,50	0,00	1,25	0,50

Cuadro 7B. Altura de plantas mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

ALTURA DE PLANTAS MES OCTUBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	16,75	17,90	16,25	18,13	18,13
BLANNEY	18,63	16,05	13,75	16,63	18,13
TANQUE FAO	23,50	23,00	25,78	27,48	27,75

Cuadro 8B. Número de hojas mes octubre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Nº DE HOJAS MES OCTUBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	30,75	38,25	35,00	34,50	27,00
BLANNEY	28,00	23,50	31,75	32,25	27,00
TANQUE FAO	32,00	32,75	38,50	31,75	29,50

Cuadro 9B. Largo de hoja mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

LARGO DE HOJA MES OCTUBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	8,75	9,25	7,63	8,00	8,38
BLANNEY	7,63	7,75	6,88	7,13	8,38
TANQUE FAO	7,88	8,78	7,38	8,13	9,00

Cuadro 10B. Ancho de hoja mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

ANCHO DE HOJA MES OCTUBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	5,05	5,05	5,38	5,15	4,00
BLANNEY	4,13	4,25	4,13	5,00	4,00
TANQUE FAO	4,98	5,60	5,25	5,50	4,63

Cuadro 11B. Circunferencia del tallo mes octubre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

CIRCUNFERNCIA DEL TALLO MES OCTUBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	2,25	1,60	2,03	2,35	2,18
BLANNEY	2,13	2,40	1,93	2,13	2,18
TANQUE FAO	2,35	2,43	2,33	2,35	2,45

Cuadro 12B. Número de flores mes octubre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Nº DE FLORES MES OCTUBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	10,00	17,00	7,75	10,00	6,25
BLANNEY	8,50	7,75	9,25	7,50	6,25
TANQUE FAO	10,25	12,00	11,50	9,75	13,50

Cuadro 13B. Altura de plantas mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

ALTURA DE PLANTAS MES NOVIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	26,18	25,88	27,88	30,50	30,25
BLANNEY	29,50	28,50	27,25	23,60	31,13
TANQUE FAO	37,38	33,10	36,65	39,50	38,75

Cuadro 14B. Número de hojas mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Nº DE HOJAS MES NOVIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	40,75	40,25	38,25	45,25	38,25
BLANNEY	33,25	34,50	36,00	43,50	49,75
TANQUE FAO	34,00	39,50	43,75	46,75	40,25

Cuadro 15B. Largo de hoja mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

LARGO DE HOJA MES NOVIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	9,13	7,25	8,88	9,00	8,75
BLANNEY	8,63	8,75	8,38	9,13	6,38
TANQUE FAO	9,75	7,13	8,50	8,78	10,00

Cuadro 16B. Ancho de hoja mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

ANCHO DE HOJA MES NOVIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	5,63	3,78	5,95	5,75	5,38
BLANNEY	4,88	4,88	4,88	5,45	3,63
TANQUE FAO	5,50	4,45	5,88	6,13	5,13

Cuadro 17B. Circunferencia del tallo mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

CIRCUNFERENCIA DEL TALLO MES NOVIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	2,45	2,05	2,55	2,73	2,53
BLANNEY	2,45	2,83	2,38	2,55	2,48
TANQUE FAO	2,88	3,00	2,88	2,90	3,05

Cuadro 18B. Número de flores mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Nº DE FLORES MES NOVIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	5,75	7,25	4,00	6,75	5,50
BLANNEY	5,25	3,75	5,75	5,00	4,25
TANQUE FAO	5,25	7,25	6,25	5,00	7,25

Cuadro 19B. Número de frutos por planta mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Nº DE FRUTOS POR PLANTA MES NOVIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	7,25	9,50	6,00	8,25	7,00
BLANNEY	7,00	6,50	7,25	6,00	4,50
TANQUE FAO	8,00	9,75	9,25	7,75	9,50

Cuadro 20B. Peso de 10 frutos por repetición en el mes de noviembre en kilogramos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

PESO DE 10 FRUTOS POR REPETICION EN EL MES DE NOVIEMBRE (Kg)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	0,30	0,40	0,40	0,30	0,65
BLANNEY	0,35	0,30	0,30	0,47	0,45
TANQUE FAO	0,45	0,35	0,50	0,40	0,50

Cuadro 21B. Largo de los frutos por planta mes noviembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

LARGO DEL FRUTOS POR PLANTA MES NOVIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	8,93	10,13	9,93	10,63	10,43
BLANNEY	9,53	9,93	10,65	10,33	9,68
TANQUE FAO	10,25	9,88	11,75	9,28	10,45

Cuadro 22B. Circunferencia de frutos por planta mes noviembre en centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

CIRCUNFERENCIA DE FRUTOS POR PLANTA MES NOVIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	10,40	11,05	11,23	11,68	10,88
BLANNEY	10,88	10,10	10,78	10,63	11,13
TANQUE FAO	12,23	11,75	11,25	10,55	11,48

Cuadro 23B. Altura de plantas mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimienta calculadas por tres métodos matemáticos.

ALTURA DE PLANTAS MES DICIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	41,40	41,00	36,00	44,38	47,38
BLANNEY	42,38	40,25	45,40	36,60	43,63
TANQUE FAO	47,63	42,38	47,03	50,25	49,00

Cuadro 24B. Número de hojas mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

Nº DE HOJAS MES DICIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	43,50	41,50	44,50	52,25	42,25
BLANNEY	43,25	40,75	40,75	47,75	52,50
TANQUE FAO	37,75	49,25	49,50	53,25	54,00

Cuadro 25B. Largo de hoja mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

LARGO DE HOJA MES DICIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	6,63	7,50	9,63	7,38	9,75
BLANNEY	6,75	9,75	9,50	7,38	7,13
TANQUE FAO	7,75	7,88	9,75	9,90	11,00

Cuadro 26B. Ancho de hoja mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

ANCHO DE HOJA MES DICIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	4,43	4,08	6,55	4,80	6,18
BLANNEY	3,95	5,33	5,63	4,50	3,95
TANQUE FAO	4,88	4,83	6,45	6,50	6,00

Cuadro 27B. Circunferencia del tallo mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

CIRCUNFERENCIA DEL TALLO MES DICIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	2,65	2,45	2,68	3,03	2,88
BLANNEY	2,80	3,10	2,75	2,88	2,95
TANQUE FAO	3,35	3,23	3,38	3,43	3,53

Cuadro 28B. Número de flores mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

N^a DE FLORES MES DICIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	11,50	13,00	13,50	14,50	15,00
BLANNEY	10,00	14,00	9,50	10,25	9,75
TANQUE FAO	15,25	20,25	23,75	19,00	23,25

Cuadro 29B. Número de frutos por planta mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

N^a DE FRUTOS POR PLANTA MES DICIEMBRE/PLANTA					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	5,75	7,50	5,75	6,50	4,00
BLANNEY	5,00	6,50	6,75	4,50	4,75
TANQUE FAO	5,50	6,50	6,00	5,50	6,50

Cuadro 30B. Peso de 10 frutos por repetición en el mes de diciembre en kilogramos, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

PESO DE 10 FRUTOS POR REPETICION EN EL MES DE DICIEMBRE (Kg)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	0,45	0,50	0,35	0,30	0,45
BLANNEY	0,45	0,45	0,45	0,30	0,35
TANQUE FAO	0,45	0,35	0,50	0,30	0,50

Cuadro 31B. Largo del fruto por planta mes diciembre, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

LARGO DEL FRUTO POR PLANTA MES DICIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	7,88	8,75	8,63	9,13	10,25
BLANNEY	9,00	9,00	8,13	8,38	9,50
TANQUE FAO	10,63	9,00	8,88	10,63	9,25

Cuadro 32B. Circunferencia de frutos por planta mes diciembre centímetro, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

CIRCUNFERENCIA DE FRUTOS POR PLANTA MES DICIEMBRE (cm)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMA	7,75	8,25	7,33	7,63	7,75
BLANNEY	8,13	8,50	7,75	7,88	9,25
TANQUE FAO	9,88	8,05	8,13	8,63	8,63

Cuadro 33B. Rendimiento de tres cosechas expresada en kg/ha, en el requerimiento hídrico del cultivo de pimiento calculadas por tres métodos matemáticos.

RENDIMIENTO DE TRES COSECHAS (kg/ha)					
T/R	REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4	REPETICION 5
PENMAN	108108,75	171385,00	100163,75	100447,50	144145,00
BLANNEY	106690,00	110662,50	118323,75	94659,00	83706,25
TANQUE FAO	137902,50	129106,25	173087,50	107825,00	181600,00

Anexo 3. Programa CROPWAT

- CROPWAT 8.0 para Windows es un programa de computación que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos. Además, el programa permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos.

Figura N°1B. Inicio del Programa

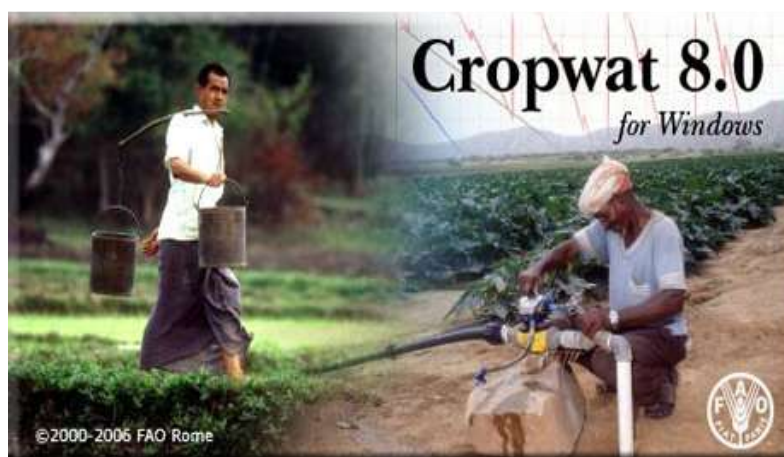


Figura N°2B. Icono del programa.



Figura N°3B. Pantalla principal de Cropwat 8.0

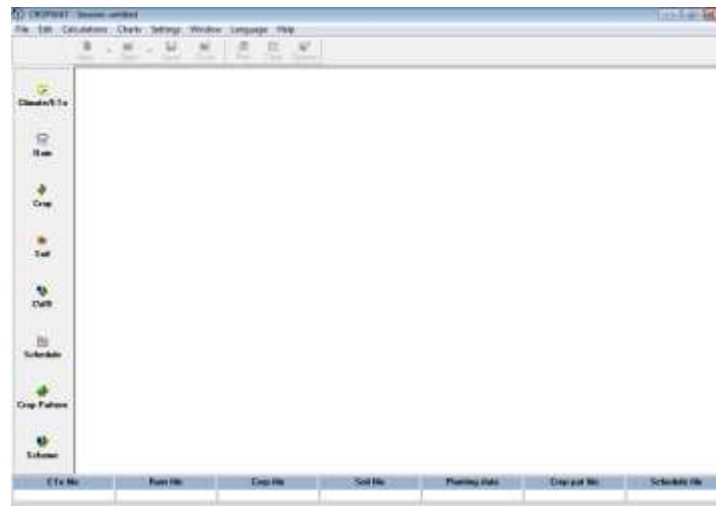


Figura N°4B. Cuadro para agregar datos Meteorológicos.

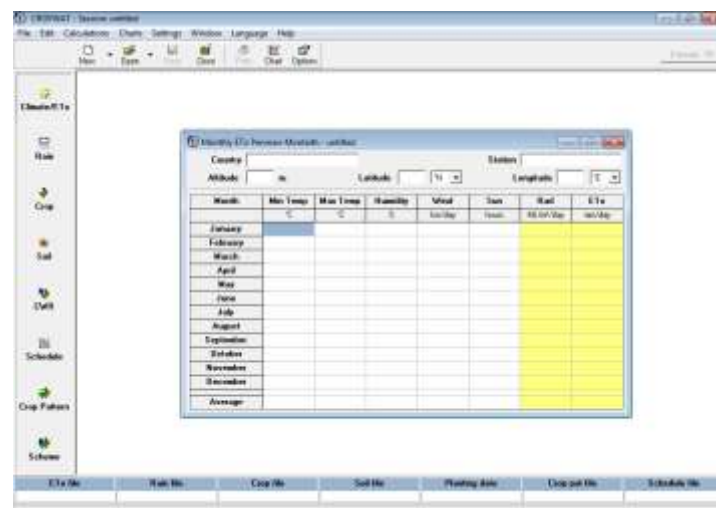
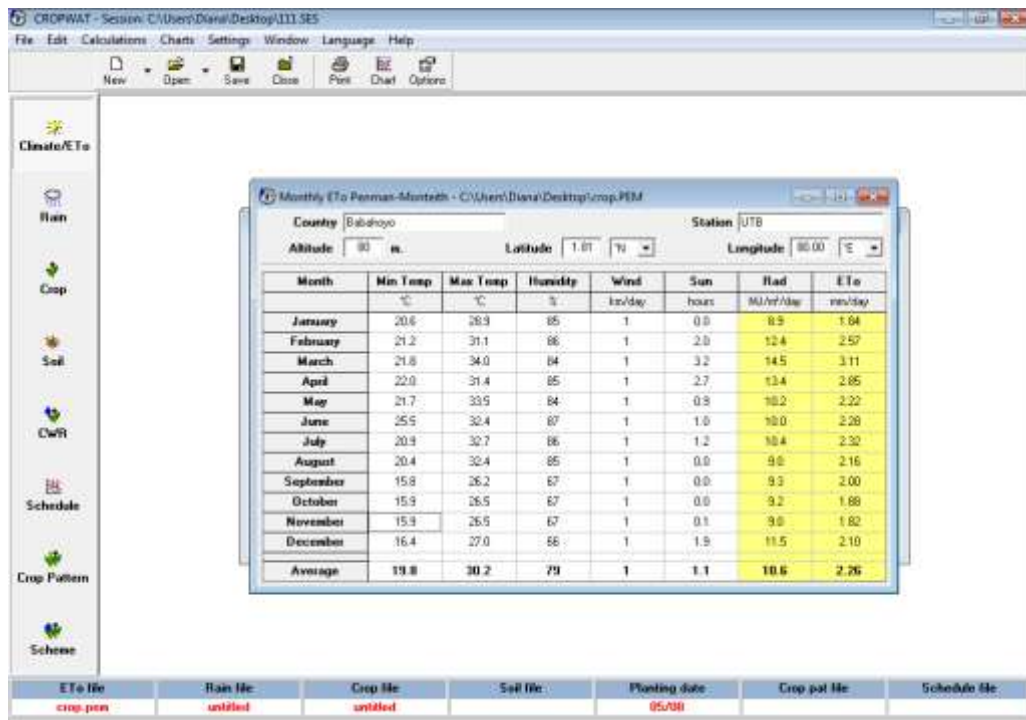


Figura N°5B. Datos meteorológicos agregados y obtención de la Etc. (Evapotranspiración) Mensual.



Anexo 4. Necesidades hídricas de los cultivos.

Figuras utilizadas para los métodos tanque FAO y Blaney-Criddle. Fuente: José Fuentes Yagüe 1999. Técnicas de riego.

Figura 1C. Horas de luz por día expresadas como porcentaje del total anual.

<i>Latitud Norte</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
<i>Latitud Sur</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58°	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56°	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54°	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52°	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50°	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48°	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46°	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40°	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35°	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30°	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25°	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20°	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15°	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10°	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5°	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0°	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Figura 2C. Duración máxima diaria media de las horas de fuente insolación N en diferentes meses y latitudes.

<i>Latitud Norte</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
<i>Latitud Sur</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>
50°	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48°	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46°	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44°	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42°	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40°	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35°	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30°	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25°	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20°	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15°	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10°	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5°	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
0°	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1

Figura 3C. Predicción de la ETo (eje de ordenadas) a partir del factor de Blanney (eje de abscisas), para diferentes condiciones de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y vientos diarios.

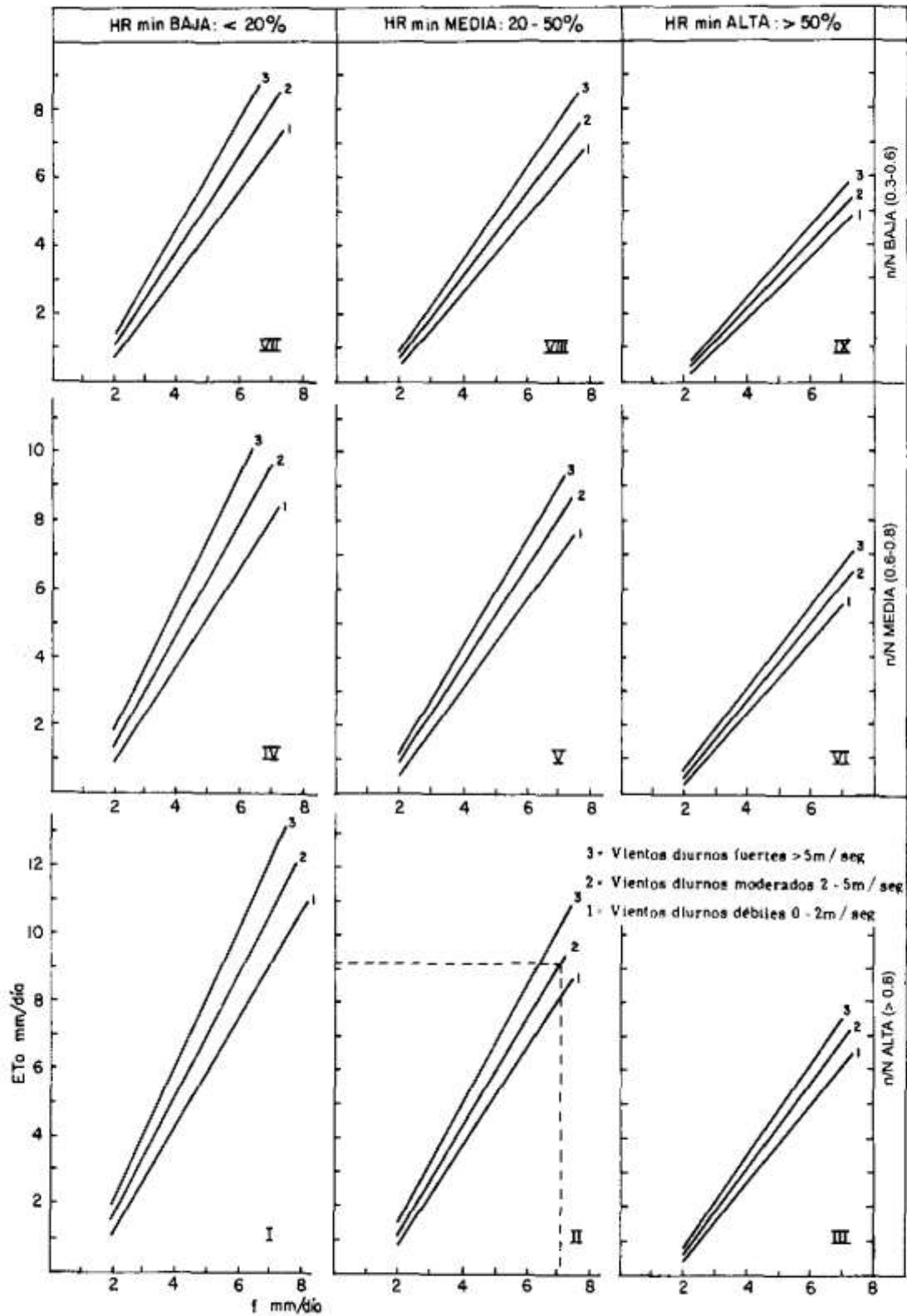


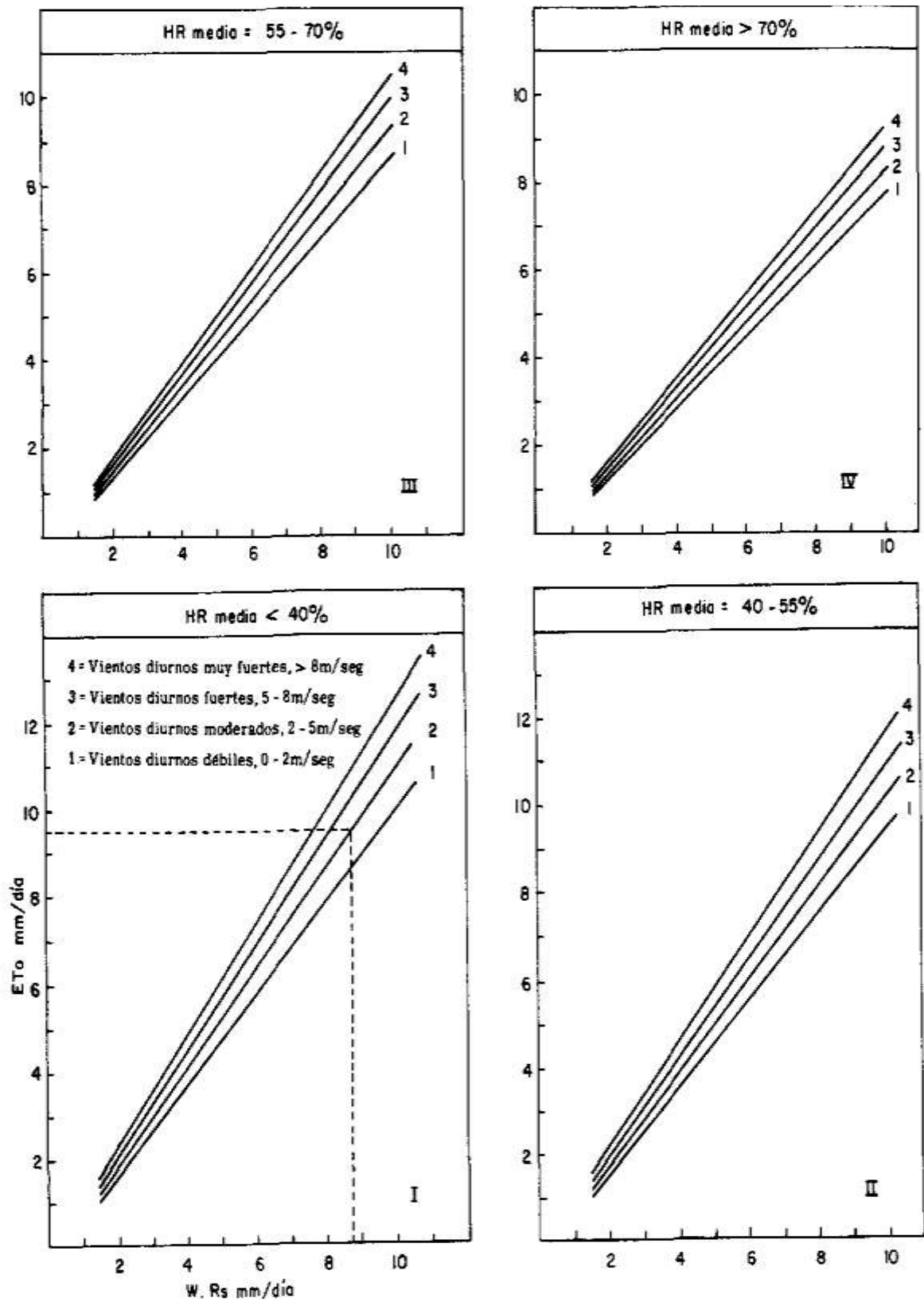
Figura 4C. Radiación extraterrestre Ra expresada en equivalente de evaporación de agua en mm/día.

Hemisferio Norte												Hemisferio Sur												
ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Lat.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48°	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46°	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44°	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42°	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40°	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38°	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36°	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.4	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34°	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32°	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30°	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28°	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26°	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24°	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22°	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20°	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16°	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12°	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6°	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0°	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Figura 5C. Valores del factor de ponderación W para los efectos de la radiación sobre la ETo, a diferentes temperaturas y altitudes.

Temperatura °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
Altitud (m)																					
0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85
500	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.86
1,000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87	0.87
2,000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88
3,000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.88	0.89	0.89
4,000	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.76	0.78	0.79	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.90	0.90

Figura 6C. Relación para obtener la ETo (eje de ordenadas) a partir de valores calculados de $w \cdot R$ (eje de abscisas) y un conocimiento general de la humedad relativa media y de los vientos diurnos.



Anexo 5. Calculo de la evapotranspiración (ETc) de los Métodos (Penman, Blaney y Tanque FAO)

Ecuación 1. Lámina de agua del método Penman mes agosto

- ETo= evapotranspiración del cultivo de referencia
- ETc= Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- mm/día = milímetros por día
- lt/día = litros por día
- Kc= coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,51 \text{ ETo} \times 3 \text{ Fr} &= \text{ETc } 7,53 \text{ mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi.D^2/4 = \text{m}^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 \text{ m}^2 \\ 7,53 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 &= 0,36 \text{ lt/día} \\ 0,36 \text{ lt/día} \times 0,53 \text{ Kc} &= 0,19 \text{ lt /día}\end{aligned}$$

Ecuación 2. Lámina de agua del método Penman mes septiembre

- ETo= evapotranspiración del cultivo de referencia
- ETc= Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- mm/día = milímetros por días
- lt/día = litros por día
- Kc= coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,84 \text{ ETo} \times 3 \text{ Fr} &= \text{ETc } 8.52 \text{ mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi.D^2/4 = \text{m}^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4= 0.049 \text{ m}^2 \\ 8,52 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 &= 0,417 \text{ lt/día} \\ 0,417 \text{ lt/día} \times 0,78 \text{ Kc} &= 0,32 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Ecuación 3. Lámina de agua del método Penman mes octubre

- ETo= evapotranspiración del cultivo de referencia
- ETc= Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- mm/día = milímetros por día
- lt/día = litros por día
- Kc= coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,73 \text{ ETo} \times 3 \text{ Fr} &= \text{ETc } 8,19 \text{ mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi.D^2/4 = \text{m}^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4= 0.049 \text{ m}^2 \\ 8,19 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 &= 0,40 \text{ lt/día} \\ 0,40 \text{ lt/día} \times 1,02 \text{ Kc} &= 0,40 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Ecuación 4. Lámina de agua del método Penman mes noviembre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,74 E_{To} \times 3 Fr &= E_{Tc} \text{ 8,22 mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi \cdot D^2/4 = m^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 m^2 \\ 8,22 \text{ mm/día} \times 0,049 m^2 &= 0,40 \text{ lt/día} \\ 0,40 \text{ lt/día} \times 0,95 K_c &= 0,38 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Ecuación 5. Lámina de agua del método Penman mes diciembre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por días
- K_c = coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,94 E_{To} \times 3 Fr &= E_{Tc} \text{ 8,82 mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi \cdot D^2/4 = m^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 m^2 \\ 8,82 \text{ mm/día} \times 0,049 m^2 &= 0,43 \text{ lt/día} \\ 0,43 \text{ lt/día} \times 0,95 K_c &= 0,40 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Ecuación 6. Lámina de agua del método Blaney mes agosto

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}3,59 E_{To} \times 3 Fr &= E_{Tc} \text{ 10,77 mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi \cdot D^2/4 = m^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 m^2 \\ 10,77 \text{ mm/día} \times 0,049 m^2 &= 0,52 \text{ lt/día} \\ 0,52 \text{ lt/días} \times 0,53 K_c &= 0,27 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Ecuación 7. Lámina de agua del método Blaney mes septiembre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$4,03 E_{To} \times 3 Fr = E_{Tc} 12,09 \text{ mm/día}$$
$$\text{Area del recipiente} = \pi.D^2/4 = m^2$$
$$\text{Área del recipiente} = 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 \text{ m}^2$$
$$12,09 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 = 0,59 \text{ lt/día}$$
$$0,59 \text{ lt/días} \times 0,78 K_c = 0,46 \text{ lt/día}$$

Ecuación 8. Lámina de agua del método Blaney mes octubre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$3,77 E_{To} \times 3 Fr = E_{Tc} 11,31 \text{ mm/día}$$
$$\text{Area del recipiente} = \pi.D^2/4 = m^2$$
$$\text{Área del recipiente} = 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 \text{ m}^2$$
$$11,31 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 = 0,55 \text{ lt/día}$$
$$0,55 \text{ lt/días} \times 1,02 K_c = 0,56 \text{ lt/día}$$

Ecuación 9. Lámina de agua del método Blaney mes noviembre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$3,98 E_{To} \times 3 Fr = E_{Tc} 11,94 \text{ mm/día}$$
$$\text{Area del recipiente} = \pi.D^2/4 = m^2$$
$$\text{Área del recipiente} = 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 \text{ m}^2$$
$$11,94 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 = 0,58 \text{ lt/día}$$
$$0,58 \text{ lt/día} \times 0,95 K_c = 0,55 \text{ lt/día}$$

Ecuación 10. Lámina de agua del método Blaney mes diciembre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$4,14 E_{To} \times 3 Fr = E_{Tc} 12,42 \text{ mm/día}$$
$$\text{Area del recipiente} = \pi \cdot D^2/4 = m^2$$
$$\text{Área del recipiente} = 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 \text{ m}^2$$
$$12,42 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 = 0,60 \text{ lt/día}$$
$$0,60 \text{ lt/día} \times 0,95 K_c = 0,57 \text{ lt/día}$$

Ecuación 11. Lámina de agua del método Tanque FAO mes agosto

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$2,23 E_{To} \times 3 Fr = E_{Tc} 6,69 \text{ mm/día}$$
$$\text{Area del recipiente} = \pi \cdot D^2/4 = m^2$$
$$\text{Área del recipiente} = 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 \text{ m}^2$$
$$6,69 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 = 0,32 \text{ lt/día}$$
$$0,32 \text{ lt/día} \times 0,53 K_c = 0,16 \text{ lt/día}$$

Ecuación 12. Lámina de agua del método Tanque FAO mes septiembre

- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- E_{To} = Evapotranspiración del cultivo de referencia
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$2,61 E_{To} \times 3 Fr = E_{Tc} 7,83 \text{ mm/día}$$
$$\text{Area del recipiente} = \pi \cdot D^2/4 = m^2$$
$$\text{Área del recipiente} = 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 \text{ m}^2$$
$$7,83 \text{ mm/día} \times 0,049 \text{ m}^2 = 0,328 \text{ lt/día}$$
$$0,38 \text{ lt/día} \times 0,78 K_c = 0,29 \text{ lt/día}$$

Ecuación 13. Lámina de agua del método Tanque FAO mes octubre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,70 E_{To} \times 3 Fr &= E_{Tc} 8,1 \text{ mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi.D^2/4 = m^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 m^2 \\ 8,1 \text{ mm/día} \times 0,049 m^2 &= 0,39 \text{ lt/día} \\ 0,39 \text{ lt/día} \times 1,02 K_c &= 0,39 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Ecuación 14. Lámina de agua del método Tanque FAO mes noviembre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,86 E_{To} \times 3 Fr &= E_{Tc} 8,58 \text{ mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi.D^2/4 = m^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 m^2 \\ 8,58 \text{ mm/día} \times 0,049 m^2 &= 0,42 \text{ lt/día} \\ 0,42 \text{ lt/día} \times 0,95 K_c &= 0,39 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Ecuación 15. Lámina de agua del método Tanque FAO mes diciembre

- E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia
- E_{Tc} = Evapotranspiración del cultivo
- Π = pi (3,1416)
- cm^2 = centímetro cuadrado
- m^2 = metro cuadrado
- $mm/día$ = milímetros por día
- $lt/día$ = litros por día
- K_c = coeficiente del cultivo

$$\begin{aligned}2,76 E_{To} \times 3 Fr &= E_{Tc} 8,28 \text{ mm/día} \\ \text{Area del recipiente} &= \pi.D^2/4 = m^2 \\ \text{Área del recipiente} &= 3.1416 * 0.25/4 = 0.049 m^2 \\ 8,28 \text{ mm/día} \times 0,049 m^2 &= 0,420 \text{ lt/día} \\ 0,40 \text{ lt/día} \times 0,95 K_c &= 0,38 \text{ lt/día}\end{aligned}$$

Anexo 6. Fotografía

Fotografía 1A. Plántulas de pimiento híbrido Natalie



Fotografía 2A. Siembra del pimiento



Fotografía 3A. Desarrollo de las plantas a los 20 días después del trasplante.



Fotografía 4A. Repeticiones de los tres tratamientos a los 30 días después del trasplante.



Fotografía 5A. Recolección de datos en el mes de noviembre.



Fotografía 6A. Recolección de datos en el mes de diciembre.



Fotografía 7A. Fruto del tratamiento Tanque FAO o Tanque Evaporimetro



Fotografía 8A. Fruto del tratamiento Penman



Fotografía 9A. Fruto del tratamiento Blanney-Criddley



Fotografía 10A. Control de malezas manualmente.



Fotografía 11A. Riego mediante una taza de medida



Fotografía 12A. Maduración de los frutos en su última etapa de desarrollo vegetativa.

