



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agrónomo

Título del Proyecto de Investigación:

“Determinación del coeficiente de cultivo (K_c) del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en función a la evapotranspiración real en comparación con el K_c teórico”

Autor:

Pedro Alejandro Álvarez Lara

Director del Proyecto de Investigación:

Econ. Flavio Raúl Ramos Martínez, M. Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Pedro Alejandro Álvarez Lara**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

Pedro Alejandro Álvarez Lara
Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

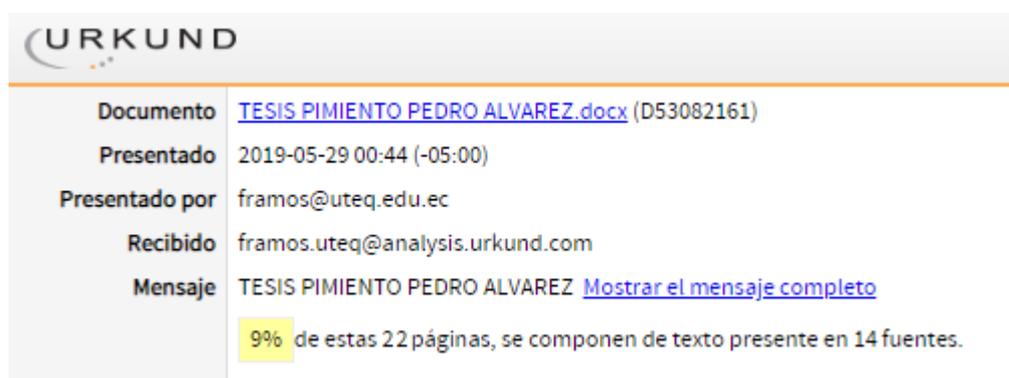
El suscrito **Econ. Flavio Raúl Ramos Martínez, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Pedro Alejandro Álvarez Lara**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en función a la evapotranspiración real en comparación con el Kc teórico**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Econ. Flavio Raúl Ramos Martínez, M. Sc.
Director del Proyecto de Investigación

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

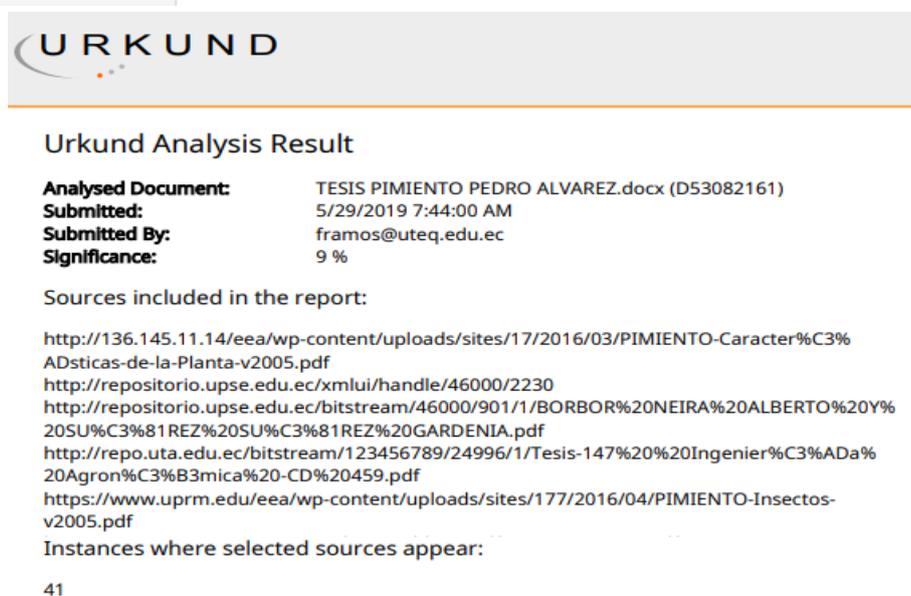
El suscrito **Econ. Flavio Raúl Ramos Martínez, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (*Capsicum annuum L.*) en función a la evapotranspiración real en comparación con el Kc teórico**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Pedro Alejandro Álvarez Lara**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 9%.



URKUND

Documento	TESIS PIMIENTO PEDRO ALVAREZ.docx (D53082161)
Presentado	2019-05-29 00:44 (-05:00)
Presentado por	framos@uteq.edu.ec
Recibido	framos.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	TESIS PIMIENTO PEDRO ALVAREZ Mostrar el mensaje completo

9% de estas 22 páginas, se componen de texto presente en 14 fuentes.



URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS PIMIENTO PEDRO ALVAREZ.docx (D53082161)
Submitted: 5/29/2019 7:44:00 AM
Submitted By: framos@uteq.edu.ec
Significance: 9 %

Sources included in the report:

<http://136.145.11.14/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Character%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2005.pdf>
<http://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/2230>
<http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/901/1/BORBOR%20NEIRA%20ALBERTO%20Y%20SU%C3%81REZ%20SU%C3%81REZ%20GARDENIA.pdf>
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24996/1/Tesis-147%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20459.pdf>
<https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/PIMIENTO-Insectos-v2005.pdf>

Instances where selected sources appear:

41

Econ. Flavio Raúl Ramos Martínez, M. Sc.
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (*Capsicum annuum L.*) en función a la evapotranspiración real en comparación con el Kc teórico”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agrónomo

Aprobado por:

Ing. Manuel Jiménez Icaza, M. Sc
Presidente del Tribunal

Ing. Leonardo Matute Matute, M. Sc.
Miembro del Tribunal

Dr. Víctor Guamán Sarango
Miembro del Tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

AGRADECIMIENTOS

Al culminar mi proyecto de investigación quiero agradecer a Dios, quien me ha guiado toda mi vida y enseñado a través de su palabra el camino a seguir, además quiero dejar en constancia mi gratitud a las siguientes instituciones y personas que me apoyaron siempre:

De antemano agradezco a mi hermosa familia, a quienes les debo cada logro porque sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

Mi más sincero agradecimiento al Econ. M. Sc. Flavio Ramos Martínez, quien ha sido un excelente docente, siempre predispuesto a apoyar, a escuchar, como mi Director del Proyecto de investigación expreso mi eterna gratitud, por sus relevantes aportes, y sugerencias, me brindo su asesoramiento oportuno sabio y constante en todo momento antes y durante la redacción del trabajo de investigación.

A los docentes miembros del Tribunal de Sustentación por las respectivas sugerencias en el presente documento.

A mis compañeras/o y amiga/os Moises Hidalgo, Dayanara Reynoso, Cristhian Roca, Sutly Estrella con quienes comparto momentos únicos y especiales.

A mi prestigiosa Universidad Técnica Estatal de Quevedo por haberme permitido ser un miembro más de esta familia compartiendo parte de mi vida donde adquirí conocimientos técnicos, éticos y lo necesario para la vida valores inculcadas clases a clase por autoridades y docentes.

Pedro Alejandro Álvarez Lara

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a Dios porque cada día él me ha dado las fuerzas para seguir adelante sin importar las dificultades y problemas que se han presentado pudiendo superarlos gracias a su bondad he logrado avanzar y superar con éxito esta travesía.

A mi familia que con amor, paciencia y esfuerzo lograron que culminara una etapa más del largo camino de mi vida estudiantil, mi padre Pedro Napoleón Álvarez Cuadros mi madre Sandra Florisdalva Lara Vera y mi querida y bella novia Virginia Jarixa Cusme Villacis quienes siempre me han brindado todo su apoyo, amor, paciencia y confianza por inculcar en mí los buenos valores y la importancia de los estudios.

A mis hermanos y a mis grandes amigos, consejeros y un gran apoyo para seguir adelante con mis estudios

Pedro Alejandro Álvarez Lara

RESUMEN

El desconocimiento del coeficiente del cultivo, así como del requerimiento hídrico de las plantas en función de las etapas fenológicas dificulta la eficiencia de una programación de riego. El estudio tuvo como objetivo establecer el uso consuntivo del cultivo de pimiento, mediante el cálculo de la evapotranspiración y Kc real en plantas sembradas bajo cubierta. El ensayo se llevó a cabo en la Finca Experimental "La María", propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme. Se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos en tres repeticiones, teniendo como unidad experimental tres plantas. Los resultados demostraron que la variación del Kc varió según la etapa fenológica del cultivo, iniciándose con 0.65 en la etapa de plantación, llegando hasta 0.88 en floración, manteniéndose en 0.91 en fructificación y descendiendo hasta 0.74 en época de cosecha. Los requerimientos hídricos del cultivo variaron de acuerdo a la etapa fenológica y duración de las mismas, siendo de 35.17 mm en plantación, 95.94 mm en floración, 28.48 mm en fructificación y 109.43 mm en la etapa de cosecha. El peso de la planta no fue influenciado significativamente por las láminas de reposición en comparación con el tratamiento, con valores que oscilaron entre 266.7 y 483.3 g. La lámina de reposición de agua al 20% de la CC, permitió cosechar más frutos por planta (14.3), que fueron de menor diámetro y peso (5.0 cm y 48.4 g), pero produjo mayor rendimiento con 64895.8 kg/ha. La mayor rentabilidad se obtuvo al reponer agua al cultivo al 20% de la capacidad de campo con un 53.95%.

Palabras claves: requerimiento hídrico, cultivo de pimiento, kc, evapotranspiración

ABSTRACT

The lack of knowledge of the cultivation coefficient, as well as the hydric requirement of the plants in function of the phenological stages, makes the efficiency of an irrigation schedule difficult. The objective of the study was to establish the consumptive use of the pepper crop, by calculating evapotranspiration and Kc Real in plants sown under cover. The trial was carried out at the "La María" Experimental Farm, owned by the State Technical University of Quevedo, located at Km 7.5 of the Quevedo-El Empalme road, where a completely randomized design was applied with four treatments in three replications. , having as experimental unit three plants. The results showed that the variation of the Kc varied according to the phenological stage of the crop, beginning with 0.65 in the planting stage, reaching 0.88 in flowering, remaining at 0.91 in fruiting and decreasing to 0.74 at harvest time. The hydric requirements of the crop varied according to the phenological stage and duration of the same, being of 35.17 mm in plantation, 95.94 mm in flowering, 28.48 mm in fruiting and 109.43 mm in the harvest stage. The weight of the plant was not significantly influenced by the replacement sheets compared to the treatment, with values ranging between 266.7 and 483.3 g. The water replenishing sheet at 20% of the CC, allowed to harvest more fruits per plant (14.3), which were smaller in diameter and weight (5.0 cm and 48.4 g), but produced higher yield with 64895.8 kg / ha. The highest profitability was obtained by replacing water to the crop with 20% of the field capacity with 53.95%.

Keywords: water requirement, pepper culture, kc, evapotranspiration

TABLA DE CONTENIDOS

Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del Proyecto de Investigación	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación	v
Agradecimientos.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
Tabla de contenido.....	x
Índice de Tablas.....	xiv
Índice de gráficos.....	xv
Índice de Anexos	xvi
Código Dublín	xvii
Introducción.....	1
CAPITULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Problematización.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. Marco teórico	8
2.1.1. Horticultura	8
2.1.2. Agricultura en invernadero.....	8
2.1.3. Cultivo de pimiento.....	11

2.1.3.1. Descripción botánica	11
2.1.3.2. Requerimientos agroclimáticos	13
2.1.4. Influencia del riego en el rendimiento de los cultivos.....	16
2.1.5. Relación agua – planta – suelo	18
2.1.1.1. Evaporación.....	19
2.1.1.2. Transpiración.....	20
2.1.1.3. Evapotranspiración	20
2.1.1.4. Coeficiente de cultivo (Kc)	21
2.1.1.5. Humedad del suelo	23
2.1.6. Uso eficiente del agua	24

CAPITULO II. Metodología DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación	26
3.2. Tipo de investigación	26
3.3. Métodos de investigación	26
3.4. Fuentes de recopilación de la información.....	27
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico	27
3.5.1. Especificaciones el experimento	27
3.6. Instrumentos de investigación	28
3.6.1. Tratamientos estudiados	28
3.6.2. Material de siembra	28
3.6.3. Manejo del experimento.....	28
3.6.3.1. Limpieza y preparación del sitio experimental	28
3.6.3.2. Construcción de la cubierta	29
3.6.3.3. Elaboración del sustrato	29
3.6.3.4. Siembra.....	29
3.6.3.5. Control de malezas	29
3.6.3.6. Raleo.....	29
3.6.3.7. Fertilización.....	30
3.6.3.8. Riego	30
3.6.3.9. Control de plagas y enfermedades.....	31
3.6.3.10.Cosecha	31

3.7.	Datos registrados y metodología de evaluación	31
3.7.1.	Coeficiente del cultivo.....	31
3.7.2.	Requerimiento hídrico del cultivo	32
3.7.3.	Peso del sustrato y porcentaje de humedad (kg)	32
3.7.4.	Peso de planta (g)	32
3.7.5.	Número de frutos por planta.....	33
3.7.6.	Peso del fruto (g)	33
3.7.7.	Diámetro del fruto (cm).....	33
3.7.8.	Rendimiento (kg/ha).....	33
3.7.9.	Análisis económico	33
3.8.	Recursos humanos y materiales	34
3.8.1.	Recursos humanos	34
3.8.2.	Recursos materiales.....	34

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	36
4.1.5	Determinación del kc del cultivo.....	36
4.1.6	Comparación del Kc teórico y real del cultivo.....	36
4.1.7	Requerimiento hídrico del cultivo	39
4.1.8	Evapotranspiración y reposiciones de agua.....	40
4.1.9	Peso del sustrato al final del ensayo	46
4.1.10	Peso de planta (g)	46
4.1.11	Número de frutos por planta.....	47
4.1.12	Peso del fruto.....	48
4.1.13	Diámetro del fruto (cm).....	48
4.1.14	Rendimiento (kg/ha).....	49
4.1.15	Análisis económico	50
4.2.	Discusión	52

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	55
5.2.	Recomendaciones.....	56

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada.....58

CAPITULO VII. ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Coeficiente teórico del cultivo de pimiento por cada 10 días según varios autores.....	22
Tabla 2.	Coeficiente del cultivo de pimiento por etapas fenológicas.....	23
Tabla 3.	Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo	27
Tabla 4.	Descripción de los tratamientos estudiados	28
Tabla 5.	Descripción del cálculo de las reposiciones de agua al cultivo.....	31
Tabla 6.	Determinación del Kc del cultivo de pimiento en la finca experimental “La María”	36
Tabla 7.	Evolución del Kc teórico y real del cultivo de pimiento.....	37
Tabla 8.	Requerimientos hídricos por fase fenológica del cultivo de pimiento en la zona de Mocache	39
Tabla 9.	Número de reposiciones e intervalos de reposición en el ensayo	40
Tabla 10.	Peso y contenido de humedad del sustrato al final del ensayo	46
Tabla 11.	Peso de planta (g).....	47
Tabla 12.	Número de frutos por planta.....	47
Tabla 13.	Peso del fruto (g).	48
Tabla 14.	Diámetro del fruto (cm)	49
Tabla 15.	Rendimiento (kg/ha)	49
Tabla 16.	Análisis económico de los tratamientos en estudio.....	51

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Comparación del Kc teórico y el Kc real	38
Gráfico 2.	Comparación del requerimiento hídrico de las etapas fenológicas del cultivo de pimiento.....	40
Gráfico 3.	Reposición de la lamina de agua (mm) al 20% de la CC	42
Gráfico 4.	Reposición de la lámina de agua (mm) al 40% de la CC	43
Gráfico 5.	Reposición de la lámina de agua (mm) al 60% de la CC	44
Gráfico 6.	Reposición de la lámina de agua (mm) en el testigo al 100% de la CC	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Delineamiento del sitio experimental	63
Anexo 2.	Distribución de los tratamientos estudiados	63
Anexo 3.	Análisis de varianza del peso de la planta (g)	64
Anexo 4.	Análisis de varianza del número de frutos por planta	64
Anexo 5.	Análisis de varianza del peso del fruto (g)	64
Anexo 6.	Análisis de varianza del diámetro del fruto	64
Anexo 7.	Análisis de varianza del rendimiento.....	64
Anexo 8.	Construcción de la cubierta	65
Anexo 9.	Distribución de las plantas en el ensayo	65
Anexo 10.	Floración del cultivo de pimiento.....	66
Anexo 11.	Fructificación del cultivo de pimiento.....	66
Anexo 12.	Enfermedad de pudrición apical en el pimiento	67
Anexo 13.	Plaga araña roja en el pimiento	67
Anexo 14.	Reposición de agua en el cultivo de pimiento	68
Anexo 15.	Control manual de malezas.....	68
Anexo 16.	Frutos cosechados.....	69
Anexo 17.	Registro del peso de la planta (g)	69
Anexo 18.	Culminación del Proyecto de Investigación	70

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) en función a la evapotranspiración real en comparación con el Kc teórico
Autor:	Pedro Alejandro Álvarez Lara
Palabras clave:	Requerimiento hídrico, cultivo de pimiento, kc, evapotranspiración
Fecha de publicación	
Editorial:	
Resumen:	<p>El desconocimiento del coeficiente del cultivo, así como del requerimiento hídrico de las plantas en función de las etapas fenológicas dificulta la eficiencia de una programación de riego. El estudio tuvo como objetivo establecer el uso consuntivo del cultivo de pimiento, mediante el cálculo de la evapotranspiración y Kc Real en plantas sembradas bajo cubierta. El ensayo se llevó a cabo en la Finca Experimental "La María", propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme. Se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos en tres repeticiones, teniendo como unidad experimental tres plantas. Los resultados demostraron que la variación del Kc varió según la etapa fenológica del cultivo, iniciándose con 0.65 en la etapa de plantación, llegando hasta 0.88 en floración, manteniéndose en 0.91 en fructificación y descendiendo hasta 0.74 en época de cosecha. Los requerimientos hídricos del cultivo variaron de acuerdo a la etapa fenológica y duración de las mismas, siendo de 35.17 mm en plantación, 95.94 mm en floración, 28.48 mm en fructificación y 109.43 mm en la etapa de cosecha. El peso de la planta no fue influenciado significativamente por las láminas de reposición en comparación con el tratamiento, con valores que oscilaron entre 266.7 y 483.3 g. La lámina de reposición de agua al 20% de la CC, permitió cosechar más frutos por planta (14.3), que fueron de menor diámetro y peso (5.0 cm y 48.4 g), pero produjo mayor rendimiento con 64895.8 kg/ha. La mayor rentabilidad se obtuvo al reponer agua al cultivo al 20% de la capacidad de campo con un 53.95%.</p>
Descripción:	
Url	

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la producción de hortalizas como es el caso del pimiento (*Capsicum annun*), se ha visto favorecido debido a sus características edafoclimáticas, sembrándose en las provincias de Santa Elena, Manabí, Guayas, El Oro, Chimborazo, Imbabura y Loja, donde las condiciones de altitud, clima y suelo son propicias, sin embargo, a campo abierto no es posible producir durante todo el año, ya que las condiciones extremas pueden afectar drásticamente al cultivo, mermando el rendimiento.

La baja producción como consecuencia de mal manejo de los cultivos, así como del agua para riego es una problemática latente en las hortalizas; siendo esta última carente de una estructura de riego idónea y demanda un alto costo de establecimiento, por lo cual es imprescindible la consecución de mayor eficiencia en la utilización del recurso hídrico y a la vez obtener altos niveles de rendimiento sin desperdiciar el agua.

El riego por goteo en todas sus variantes se caracteriza por ser un sistema eficiente y mediante el cual se obtienen los mayores rendimientos debido a las mejores condiciones hídricas del suelo. Además, con este sistema disminuyen los requerimientos de mano de obra para riego. El riego por goteo es una tecnología útil, adaptable y que, al ser bien aplicada, es sinónimo de mejores rendimientos para nuestras parcelas. Hablar de riego por goteo es hablar de una tecnología rentable, con la capacidad de hacer producir hortalizas y frutales en casi cualquier superficie cultivable, y que al ser introducida en otros cultivos eleva la productividad de los mismos.

El conocimiento de la evapotranspiración, en conjunto con la determinación del K_c marcan las pautas para la generación de programaciones de riego, ya que en base a esto se puede determinar las fases fenológicas que mayor requerimiento de agua representan, y a la vez calcular la dosificación de riego de una forma más eficiente. Esto apoyado en la determinación del momento adecuado para aplicar riego al cultivo, dan relevancia a investigaciones enfocadas en dicho aspecto, para de este modo constituir una agricultura sostenible, que no comprometa los recursos futuros, como es el caso del agua que cada vez es un recurso que se torna limitado, debido a múltiples desperdicios que se les da, principalmente en la agricultura convencional.

En la Finca Experimental “La María” tradicionalmente se han establecido cultivos de hortalizas a campo abierto, sin embargo en los últimos años se ha construido un invernadero, y es allí donde se llevó a cabo la presente investigación para obtener información de primera mano sobre la respuesta en frutos en el cultivo de pimiento en condiciones de invernadero y dotación de riego por goteo en función a la evapotranspiración del cultivo, para lo cual sembró el híbrido Quetzal el cual anteriormente se ha sembrado a campo abierto. Los invernaderos representan una tecnología que permite la producción de hortalizas en cualquier época del año ya que se puede tener un control de las condiciones en que se desarrolla el cultivo, en este caso la dotación de riego que se realizó por goteo ya que este sistema es eficiente y facilita el ahorro de agua; además es importante la comparación con un testigo absoluto para tener una evidencia clara del efecto de los tratamientos en el cultivo.

El establecimiento de cultivos protegidos, actualmente se ha convertido en una necesidad debido a la demanda de productos de excelente calidad, durante todo el año. Además, los agricultores requieren de altos niveles de producción a fin de cumplir con las exigencias del mercado, por lo cual se hace necesario el uso de estructuras cerradas, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas.

CAPITULO I.

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización

1.1.1. Planteamiento del problema

Dentro de la problemática que tiene la producción del cultivo de pimiento en el país, existen una serie de factores y/o variables que inciden en los rendimientos, tanto a nivel investigativo como comercial. Sin embargo, se destaca el bajo nivel del conocimiento de tecnología moderna utilizada para la aplicación de riego con sus dosis y épocas de aplicación para lograr una mejor productividad.

El problema potencial que tiene la aplicación de riego de forma esporádica, así como sin medición alguna, ha traído consigo diferentes problemas como incremento de costos por concepto de mano de obra para el riego, o combustible de las bombas, que se ponen en marcha por un tiempo considerado como necesario, sin tener una idea clara sobre la dosis de riego y el tiempo de riego en base a la disponibilidad de agua en el suelo y requerimientos del cultivo. Lo anterior obliga a efectuar una investigación enfocada en la determinación del Kc real del cultivo de pimiento y su requerimiento hídrico, y por lo consiguiente el momento de riego idóneo, a fin de no hacer riegos innecesarios e ineficientes.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en función a la evapotranspiración real y el Kc teórico en la zona de Mocache?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles son los requerimientos hídricos para cada fase fenológica del cultivo de pimiento?

¿Cuál es la lámina de reposición de agua que permite obtener el mayor rendimiento por hectárea?

¿Qué tratamiento representa la mayor rentabilidad para el productor?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Establecer el uso consuntivo del cultivo de pimiento, mediante el cálculo de la evapotranspiración y Kc real en plantas sembradas bajo cubierta.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos de humedad por fases fenológico con la finalidad de maximizar la producción de pimiento.
- Determinar la lámina de reposición de agua que permite obtener el mayor rendimiento por hectárea.
- Realizar el análisis económico del rendimiento en función con el costo de los tratamientos.

1.3. Justificación

La presente investigación se justifica mediante la determinación de la evapotranspiración real del cultivo de pimiento, así como el Kc que permiten determinar la cantidad de agua que necesita el cultivo, que, en conjunto con la lámina adecuada de reposición de riego al cultivo, permiten esclarecer las dudas en torno al momento idóneo de regar.

Al determinar la lámina adecuada se evitará desperdicios de agua, estrés hídrico por riego ineficiente, así como encharcamientos en el cultivo lo cual puede repercutir en la incidencia de enfermedades en el cultivo, afectando directamente a la producción.

CAPITULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Horticultura

La horticultura es la ciencia encargada del cultivo de plantas, el término viene del latín hortus (huerto) y cultura (cultivo)., la horticultura en el Ecuador ha crecido paulatinamente a partir de la década de los años 90, debido a que los hábitos alimenticios de la población han cambiado positivamente hacia un mayor consumo de hortalizas en su dieta diaria y a las exportaciones de algunas hortalizas, adicionalmente se está desarrollando la industrialización de algunos productos hortícolas, especialmente al mercado externo (Román, 2010).

La horticultura ecuatoriana está concentrada básicamente en la sierra, tanto por sus condiciones edáficas, climáticas y sociales, como por las técnicas y sistemas de producción aplicadas; en general la agricultura para los pequeños productores, tiene una tipología de carácter “doméstico”, por ser cultivos que se producen en la huerta, por la utilización de mano de obra familiar, son en parte para autoconsumo y sus producciones remanentes permiten acceder a los mercados locales. Para el caso de medianos y grandes horticultores, sus producciones son de carácter empresarial y están orientados hacia la agroindustria y a los mercados internos y externos del país (Rodríguez, 2008).

Por lo general, el tamaño de las explotaciones dedicadas al cultivo de las hortalizas es considerablemente pequeño, factor que por sí mismo implica un problema para el acopio, clasificación y otros procesos importantes de comercialización, adicionalmente, la dispersión geográfica del cultivo de las hortalizas, incrementa el problema de mercadeo porque los procesos de acopio y transporte se hacen lentos y costosos (Rodríguez, 2008).

2.1.2. Agricultura en invernadero

La agricultura de invernadero se ha convertido en un método popular para el cultivo de hortalizas porque se puede proporcionar un ambiente interior óptimo para las necesidades hídricas de las plantas. Por otra parte, es posible producir plantas durante todo el año, así

se puede tener un mejor control de malas hierbas, plagas y enfermedades. Además, en un invernadero se puede maximizar energía, espacio, tiempo, agua y nutrientes, para así obtener frutos y plantas de alta calidad con el más alto potencial genético (Buechel, 2015).

Lo anterior precisa tener en consideración las especies y las variedades de las plantas cultivadas (frutos, hojas, flores, etc.), la duración del ciclo de producción, la proximidad de los clientes potenciales, la fluctuación de los precios, la demanda, la rentabilidad de la inversión y otros factores que serán analizados en estas cuatro publicaciones (Antón, Montero, & Muñoz, 2016).

El uso de invernaderos actualmente se justifica mediante la corriente mundial de calidad en la que estamos viviendo. Los mercados son cada vez más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias entre este tipo de producto que se presentan en los mercados con respecto a otros. Esto hace que los productos de invernadero estén en nichos de alto nivel (Pacheco, 2006).

La agricultura bajo invernadero es producto de las condiciones ambientales de los países, En la actualidad el uso de esta tecnología está disponible para la mayor parte de los esquemas productivos y de los productores en general del resto del mundo (Silva, 2015).

Para el desarrollo de una agricultura moderna y competitiva, la protección de los cultivos se ha convertido en una necesidad. Los consumidores demandan productos de excelente calidad, en todo tiempo, sin daños por agentes climáticos, plagas ni enfermedades. A su vez, los agricultores requieren de alta producción (cultivos protegidos o semiprotegidos) para mantener las exigencias de los mercados, lo que implica el uso de una serie de tecnologías que se enmarcan dentro del concepto de agricultura protegida. Existe una diversidad de definiciones sobre agricultura protegida. Sin embargo, podemos resumirlo en toda estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas y flores (Bielinski, 2008).

Bajo este sistema agrícola especializado se lleva a cabo el control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento,

humedad, entre otros) lo que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar adecuado crecimiento vegetal, aumentar los rendimientos, mejorar la calidad de los productos y obtener excelentes (Buechel, 2015).

Matute (2015), menciona que en la agricultura protegida se obtienen producciones con alto valor agregado (hortalizas, frutas, flores, ornamentales y plantas de vivero). Además de:

- Proteger los cultivos de las bajas temperaturas.
- Reducir la velocidad del viento.
- Limitar el impacto de climas áridos y desérticos.
- Reducir los daños ocasionados por plagas, enfermedades, nematodos, malezas, pájaros y otros predadores.
- Reducir las necesidades de agua.
- Extender las áreas de producción y los ciclos de cultivo.
- Aumentar la producción, mejorar la calidad y preservar los recursos mediante el control climático.
- Garantizar el suministro de productos de alta calidad a los mercados hortícolas.
- Promover la precocidad (adelanto de la cosecha).
- Producir fuera de época.

Las instalaciones para la protección de cultivos pueden ser muy diversas entre sí por las características y complejidad de sus estructuras, así como por la mayor o menor capacidad

de control ambiental. Una primera clasificación de los diversos tipos de protección, puede hacerse distinguiendo entre micro y macrotúneles, invernaderos (greenhouses) y casas malla (nethouses) (Bielinski, 2008).

2.1.3. Cultivo de pimiento

El origen del pimiento (*Capsicum annuum* L.) se ubica entre las zonas de Bolivia y Perú, este fue llevado a Europa por Cristóbal Colón durante su primer viaje a América en el año 1493, habiéndose distribuido en su totalidad en España en el siglo XVI, de donde fue distribuido al resto de Europa y por colaboración de los portugueses al resto del mundo (López, 2013).

Existen distintas especies que difieren fundamentalmente en el número y color de las flores por inflorescencia, forma y tipo de frutos, duración del ciclo vegetativo, etc.; aunque hay otros y numerosos tipos de pimiento, tanto dulces como picantes. En nuestro país se siembran los híbridos California Wonder 4 puntas corto, Ketzal y Salvador 3 puntas largo y además las variedades Agronómica 10G y Tropical Irazu mejorada (Solagro, 2006).

Hay más de 200 nombres comunes en el uso de esta especie. Los más comunes incluyen guindilla, pimentón (variedades dulces); pimiento, cayena, halapenos, chitlepin (variedades calientes); y pimientos Navidad (ornamentales). *Capsicum annuum* no debe confundirse con la "pimienta negra (*Piper nigrum*), que pertenece a una familia de plantas lejanamente relacionado (Piperaceae) (Royal Botanic Gardens, 2010).

2.1.3.1. Descripción botánica

- **Planta**

La planta de pimiento es de tipo herbácea, con porte entre 0.5 a 2 metros de acuerdo a la variedad siendo la altura menor en cultivos al aire libre y de mayor altura cuando se cultivo en invernadero (Ecoagricultor, 2014).

- **Raíz**

La mitad oculta de las plantas, es decir, su sistema radical es el encargado de satisfacer diferentes requerimientos, como su anclaje en el sustrato, la adquisición y el transporte de los recursos del suelo (agua y nutrientes esenciales), y el almacenamiento de los mismos. La nutrición mineral de las plantas está en buena medida bajo control genético porque la arquitectura de la raíz determina el volumen de suelo disponible para la extracción de agua y nutrimentos, y porque el funcionamiento de los transportadores en las membranas de las células radicales representa un proceso fisiológico altamente regulado por la actividad de los genes e influenciado por múltiples factores ambientales (Fertilab, 2014).

El sistema radicular es pivotante, con numerosas raíces adventicias muy ramificadas que pueden alcanzar hasta un metro de profundidad, aunque no suelen pasar de 25 a 30 centímetros. La planta alcanza un porte de 50 a 60 centímetros, según variedades. Tiene un sistema radicular pivotante y profundo, con un número elevado de raíces adventicias (Endara, 2017).

- **Tallo**

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable, según la variedad. Esta planta posee ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, siempre una más gruesa que la otra (la zona de unión de las ramificaciones provoca que éstas se rompan con facilidad). Este tipo de ramificación hace que la planta tenga forma umbelífera (de sombrilla) (Macías & Sornoza, 2016).

- **Hoja**

La hoja es entera, glabra y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde brillante que varía de intensidad con la variedad. La nervadura principal parte de la base de la hoja, proyectándose desde el pecíolo, del mismo modo las nerviaciones secundarias son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción las hojas en el tiene lugar

de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Panduro, 2010).

- **Flores**

Son perfectas, formándose en las axilas de las ramas; son de color blanco y a veces púrpura. Poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente autógama, no superando el porcentaje de alogamia del 10% (García, 2008).

- **Fruto**

El fruto es una baya variable en forma y tamaño (1 o 2 g en algunas variedades hasta más de 500 g en otras), de color verde inicialmente y después rojo o amarillo, según los híbridos. El sabor picante del fruto de algunos pimientos está dado por la “capsisina”, un alcaloide que se encuentra en la placenta (Panduro, 2010).

Los frutos son carnosos, al principio son verdes, volviéndose rojos en la madurez, estos contienen numerosas semillas, blancas, aplanadas y lisas de una duración germinativa de cuatro años (Macías & Sornoza, 2016).

- **Semillas**

Las semillas son redondeadas, levemente reniformes, de coloración amarillo pálido y de entre 3 a 5 milímetros de longitud, las cuales se encuentran insertar en una placenta cónica de disposición central (López, 2013).

2.1.3.2. Requerimientos agroclimáticos

- **Suelo**

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica de 3-4 % y principalmente bien drenados (García, 2008).

El cultivo del pimiento se adapta a numerosos suelos siempre que estén bien drenados, ya que es una planta muy sensible a la asfixia radicular. Prefiere los suelos profundos, ricos en materia orgánica, sueltos, bien aireados y permeables. No es muy sensible a la acidez del suelo, adaptándose bien a un rango de pH entre 5.5 y 7.0 (Guato, 2017).

- **Precipitación**

El cultivo de pimiento requiere de 800 a 1000 mm de agua a lo largo de su ciclo, no tolera estancamiento de agua y el exceso de humedad. Si las condiciones saturadas se mantienen durante 24 horas las plantas mueren (Estrada, Martínez, & Baca, 2004).

Las condiciones saturadas inhiben el crecimiento el crecimiento de las plantas llevando a un menor rendimiento. Las fases más críticas de humedad son en el trasplantado a la floración. La falta de agua en la floración lleva a la caída de la flor y el fruto (Boicet, *et al.*, 2001)

- **Temperatura**

Cuando se habla de temperatura viene la idea errónea de lo que es caliente y frío. Esta idea es errónea porque estas dos palabras hacen referencia al concepto de “calor” y no al de temperatura. Todos los cuerpos, sin importar su estado (sólido, líquido o gaseoso) están compuestos de partículas en movimiento; con bastante movimiento en el gaseoso y en vibración en el sólido (Guerra, 2009)

Es un cultivo de verano debido a que su actividad se ve interrumpida por debajo de los 6 °C y no soporta las heladas. La temperatura óptima para este cultivo es de 18 a 27 °C donde obtiene la mejor floración y formación de frutos, temperaturas superiores a los 32 °C provocan caída de las flores y bloquean el proceso de frutificación (Guato, 2017).

- **Humedad relativa**

A la medida de la cantidad de vapor de agua que está contenida por el aire se le conoce por el nombre de humedad. Esta cantidad puede variar de acuerdo a las condiciones

climáticas a las que está sometido el aire. Es decir, que el aire húmedo se compone de aire seco y de vapor de agua (Panduro, 2010).

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados (Osorio, 2003).

El desarrollo normal del pimiento se encuentra en el intervalo de humedad entre 60 a 70%, por lo cual es necesario disponer de buena ventilación del invernadero. En periodo de floración y cuajado la humedad relativa optima está entre 50 y 70%. Los valores elevados de humedad, acompañados de abundante follaje favorecen los ataques de *Botrytis spp*, *Sclerotinia spp*, y otras enfermedades, además dificulta la fecundación de las flores. La humedad baja provoca frutos deformes y pequeños, que junto a temperaturas elevadas originan la caída de flores (Prudente, 2015).

- **Heliofonía**

Representa la duración del brillo solar u horas de sol, y está ligada al hecho de que el instrumento utilizado para su medición, heliofanógrafo, que registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recibida por el instrumento sea radiación solar difusa, interrumpiéndose el registro. Si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de la misma no es suficiente para ser registrada. (Rojas, 2005).

Está dada por la ubicación de una determinada zona geográfica. Si a esta se le acompaña de un mapa textual de suelos, permitirá medir la potencialidad de un cultivo a instalar pues la textura del suelo puede variar cada 50 metros. Hoy en día la tecnología permite brindar resultados muy halagadores y útiles en el área agrícola. (Martínez, 2015).

- **Luz**

El pimiento requiere abundante luz para la maduración y coloración de los frutos y el logro de una actividad fotosintética continua que redunde en mayor producción. Es una

planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración (Miranda, 2002).

2.1.4. Influencia del riego en el rendimiento de los cultivos

Las plantas extraen del suelo el agua que necesitan, y esa necesidad vendrá determinada por diversos factores tales como la temperatura del ambiente, el clima, intensidad de la luz, el viento, el grado de humedad de la atmósfera y la cantidad de agua que la planta utilice para disolver los aportes minerales y orgánicos que retendrá dentro de su estructura, devolviendo a la atmósfera por la transpiración el agua no necesitada (Euroresidentes, 2009).

Por otro lado la calidad del suelo que vayamos a utilizar para el cultivo será un factor determinante a la hora de calcular un riego: la porosidad de su textura, y su contenido en arcillas arenas y limos van a ser factores determinantes de la permanencia del agua en la zona radicular de donde las plantas extraen el agua, y al mismo tiempo, su sustento (Euroresidentes, 2009). Otro factor a tener en cuenta es el del tamaño de la planta. Evidentemente no va a necesitar la misma cantidad de agua la planta que empieza a crecer que aquella que ya empieza a tener un tamaño importante (Euroresidentes, 2009).

Un aporte de agua irregular, en exceso o deficiente, puede provocar la caída de flores y frutos recién cuajados y la aparición de necrosis apical, siendo aconsejable los riegos poco copiosos y frecuentes. La mayor sensibilidad al estrés hídrico tiene lugar en las fases de floración y cuajado de los primeros frutos, siendo el período de crecimiento vegetativo el menos sensible a la escasez de agua. El déficit hídrico ocasiona un descenso en la producción en cantidad y calidad al reducirse al número de frutos y/o su peso unitario, incrementándose la proporción de frutos no comerciales y, en frutos destinados a la industria, disminuir el pH y aumentar el contenido en sólidos totales y solubles (Allen *et al*, 2006).

Las experiencias realizadas en campos de regadío han permitido determinar la carencia de agua que puede tolerar una planta sin que afecte a la calidad del producto. También hay que tener en cuenta las características del suelo, radiación solar, humedad, niveles de

evapotranspiración, características de las raíces y tallos, y la actividad de cultivo y recolección (Molina, 2010).

Cuando la carencia de agua es muy aguda, el proceso fisiológico de la planta se altera, y el crecimiento y rendimiento se reducen. Los niveles relativos de absorción y pérdida de agua por las plantas determinan el balance hídrico interno. El agricultor intenta mantener este balance hídrico en condiciones favorables para obtener el rendimiento óptimo del cultivo. Si la humedad del suelo desciende a la mitad del nivel disponible, el crecimiento y rendimiento de los cultivos disminuye mucho antes de que se alcance el punto de marchitamiento permanente (Katerji, Mastrorilli, & Hamdy, 2013).

Se riega para devolver al suelo la humedad conveniente en la zona de las raíces de las plantas de acuerdo con la capacidad del mismo. Es imposible regar un volumen dado de suelo a menos de la capacidad de campo. Si se aplica una pequeña cantidad de agua, se mojará solo la capa superficial. Si se humedece el suelo a menos profundidad de la que tienen las raíces, se priva a las plantas de un volumen del que pueden extraer nutrientes. Un riego escaso tendrá como resultado que el déficit hídrico aparezca antes y sea más grave. Se empeora aún más los rendimientos cuando en periodos de déficit hay riego poco abundante. El déficit se produce cuando la evapotranspiración reduce la humedad disponible en el suelo a un nivel insuficiente para permitir a las plantas desarrollarse con normalidad (Molina, 2010).

Se define a la Necesidad de Agua del Cultivo (NAC) como la cantidad de agua que, junto a la precipitación efectiva, cubre el consumo originado en la Evapotranspiración del cultivo y el agua retenida por el mismo, y varía con la zona en que se lleve a cabo el cultivo. El cultivo de pimiento para pimentón requiere 837 mm de agua para cubrir los requerimientos de todo el ciclo (César & Álvarez, 2006).

Conviene que, en el momento de la plantación, el suelo tenga humedad en profundidad. Para ello, unos días antes de la plantación se dará un riego abundante con objeto de ello. Tras la plantación, debemos favorecer el enraizamiento del cultivo en profundidad, manejando el cultivo con riegos escasos (evitando siempre la desecación del taco hasta un completo arraigue) en función de la climatología y el tipo de suelo. En invernadero el desarrollo foliar muy alto y por tanto debemos ajustar las necesidades de riego a los

consumos de la planta según las temperaturas y el estadio foliar en que se encuentra (Aguado *et al*, 2011).

No debemos excedernos con el riego y mucho menos en época de bajas temperaturas ya que provoca contagios de *Pithyum*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia* aparte de impedir que el sistema radicular profundice. Conforme la planta crece, crecen sus necesidades de riego y se debe adaptar la secuencia y duración del riego a la masa forrajera, a las temperaturas alcanzadas y a la humedad relativa que se dispone. El pimiento es una planta muy sensible a los encharcamientos o falta de drenaje, produciendo asfixia en zonas compactadas (Miranda, 2002).

El riego es posiblemente el factor de producción que más importancia tiene en la producción y calidad del pimiento para consumo fresco, con más relevancia que otros a los que se les ha prestado igualmente gran atención como son los fertilizantes, tratamiento fitosanitarios, selección varietal, fecha de siembra, etc (Boicet *et al*, 2001). (Boicet, Verdecia, Pujol, Alarcón, & Boudet, 2001)

2.1.5. Relación agua – planta – suelo

Las Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (RASPA) revisten una gran importancia en riego, drenaje, hidrología y otras ciencias relacionadas con los recursos hídricos y el ambiente. La utilización de modelos de simulación en las ciencias agronómicas, forestales e hidrología, ha puesto en relieve lo anterior y en tal sentido los requerimientos de éstos han motivado que en la actualidad se haya renovado el interés por el tema. De la misma manera, el interés cada día más notorio por los temas ambientales, ha impuesto la necesidad de intensificar los estudios en esta materia (Rojas, 2005).

El tema de las Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (RASPA) ha sido siempre de gran importancia en los estudios de riego y drenaje, sin embargo, en el campo de los recursos hídricos y ambientales y en especial la hidrología, aunque no ignorado, siempre ha sido relegado a un segundo plano y por lo general se ha recurrido a generalizaciones simplistas. En general la referencia a este tema se ha limitado a su inclusión en el ciclo hidrológico y en los balances hídricos. En éstos se mencionan variables y parámetros

como: humedad del suelo, infiltración, evapotranspiración, percolación y otros, sin embargo no se enfatiza la importancia de los mismos (Rojas, 2005).

La necesidad de agua de los cultivos es la cantidad de agua que se requiere para satisfacer la tasa de evapotranspiración, de modo que los cultivos puedan prosperar. La tasa de evapotranspiración es la cantidad de agua que se pierde en la atmósfera a través de las hojas de la planta, así como la superficie del suelo. Por lo tanto, con el fin de estimar las necesidades de agua de un cultivo, primero tenemos que medir la tasa de evapotranspiración. La tasa de referencia, ET_0 , es la estimación de la cantidad de agua que utiliza una superficie extensa de pasto verde, bien regado, que es aproximadamente de 8 a 15 centímetros de altura. Al saber ET_0 , se pueden calcular las necesidades hídricas del cultivo (smart-fertilizer.com, 2015).

2.1.1.1. Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada (FAO, 2006).

Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante (Allen *et al*, 2006).

A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmósfera o en otras palabras no se retira de alrededor de la hoja. El reemplazo del aire saturado por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación (Allen *et al*, 2006).

2.1.1.2. Transpiración

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales (FAO, 2006).

La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo. Diversas clases de plantas pueden tener diversas tasas de transpiración. Por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración (Allen *et al*, 2006).

2.1.1.3. Evapotranspiración

La evapotranspiración comprende las pérdidas de agua ocasionadas por evaporación en el suelo y por transpiración de la planta. En el riego localizado se moja una parte de la superficie del suelo; por lo tanto, las pérdidas por evaporación serán menores que en aquellos sistemas de riego en donde se moja toda la superficie del suelo. En cambio, la transpiración puede ser mayor en el riego localizado, debido a que el suelo seco se calienta más que el suelo húmedo y ello provoca un aumento de temperatura del follaje (Salas & Urrestarazu, 2008).

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo (FAO, 2006).

En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal. En el momento de la siembra, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ET ocurre como transpiración (FAO, 2006).

En términos generales se puede decir que la evapotranspiración en el riego localizado es análoga a la de otros sistemas. Únicamente hay alguna ventaja, a favor del riego localizado, en el caso del cultivo de árboles cuando estos aún son pequeños. El verdadero ahorro de agua, con relación a otros sistemas de riego, consiste en que se eliminan las pérdidas en las conducciones y las ocasionadas por percolación profunda y escorrentía superficial (Salas & Urrestarazu, 2008).

La transpiración se hace más difícil cuando la humedad del suelo desciende por debajo de ciertos límites. Por este motivo, cuando en los riegos por gravedad y por aspersion el intervalo de riego se prolonga más de lo debido se produce una disminución de la transpiración; pero esta disminución no se puede considerar como un ahorro de agua, puesto que al descender la transpiración disminuye la fotosíntesis y, en consecuencia, disminuye también la biomasa. En este supuesto, el riego de alta frecuencia supone un mejor aprovechamiento del agua y un mayor rendimiento del cultivo (Salas & Urrestarazu, 2008).

2.1.1.4. Coeficiente de cultivo (Kc)

Se conoce como coeficiente de cultivo (Kc) a un valor dependiente de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta. El Kc varía según el periodo de

crecimiento de la planta y el clima determinado. Depende de la capacidad de la planta para extraer agua del suelo, según su estado de desarrollo vegetativo, no se utilizan si los datos de ET cultivo se obtienen con cualquiera de los métodos directos (Buñay, 2017).

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Las necesidades diarias del cultivo (mm/día) se obtienen de multiplicar el ET_o por el coeficiente del cada cultivo K_c (FAO, 2006).

El coeficiente de cultivo es el resultado de la relación entre la evapotranspiración de referencia y su fórmula es:

$$K_c = ET_c / ET_o$$

Existen varios estudios en cuanto a la determinación del K_c , entre los cuales se da a conocer que este valor varía de acuerdo a las condiciones del medio ambiente donde se desarrolla el cultivo:

Tabla 1. Coeficiente teórico del cultivo de pimiento por cada 10 días según varios autores

Días	Coeficiente del cultivo de pimiento		
	Carrillo (2012)	Moreira & Vélez (2015)	Buñay (2017)
0	0.52	0.30	0.60
10	0.52	0.30	0.60
20	0.52	0.30	0.60
30	0.58	0.45	0.71
40	0.64	0.60	0.82
50	0.70	0.75	0.93
60	0.76	0.90	1.04
70	0.82	1.05	1.15
80	0.82	1.05	1.15
90	0.82	1.05	1.15
100	0.71	0.98	0.95
110	0.59	0.90	0.75

Fuente: Carrillo (2012); Moreira & Vélez (2015); Buñay (2017)

El coeficiente del cultivo, según Prudente (2015) se detalla en la siguiente Tabla:

Tabla 2. Coeficiente del cultivo de pimiento por etapas fenológicas

Etapas	Kc
Inicial	0.35
Media	0.7
Desarrollo	1.05
Maduración	0.9

Fuente: Prudente (2015)

2.1.1.5. Humedad del suelo

Se dice que un suelo está saturado cuando todos sus poros están llenos de agua. Si se permite que un suelo saturado drene libremente. En este estado se dice que el suelo está a capacidad de campo (Hcc). Esta situación es muy favorable para el desarrollo de los cultivos, que encuentra en el suelo agua abundante retenida con una energía que es fácilmente superada por la de succión de las raíces, al mismo tiempo que el suelo está lo suficientemente aireado para permitir la respiración radicular (Alarcón, 2012).

El contenido de agua puede descender por debajo de la capacidad de campo como consecuencia de la evaporación y la transpiración de las plantas. La película que rodea a las partículas se hace cada vez más fina y a medida que el contenido de agua disminuye, se hace más difícil la absorción de agua por las raíces, hasta que alcanza un estado denominado punto de marchitez (Hpm), que se caracteriza porque las plantas absorben el agua del suelo con mucha dificultad y experimentan marchitez irreversible (Castro, 2013).

La capacidad de campo y el punto de marchitez determinan los límites máximo y mínimo de la humedad del suelo que puede ser utilizada por los cultivos. La cantidad de agua comprendida entre estos dos valores se define como agua útil (humedad disponible) (Alarcón, 2012).

2.1.6. Uso eficiente del agua

El uso eficiente del agua está en función del suelo y depende, sobre todo del regador y del método de riego empleado, así como de varios factores naturales y económicos es posible que un método mejor para determinar las necesidades de riego del pimiento, pudiera ser aquel que tomara en cuenta las necesidades naturales del propio cultivo. Lógicamente, este método eliminaría variaciones resultantes de los factores humanos, físicos y económicos asociados con el riego y el factor más importante de qué la planta aproveche la humedad del suelo es el que la planta misma sea capaz de extraer el agua del suelo con tal velocidad que puede soportar o igualar las pérdidas por transpiración y por su desarrollo (Vásconez & Chamba, 2013).

El criterio exacto para un adecuado abastecimiento de humedad, fácilmente aprovechable en el suelo, depende en forma principal de la profundidad y distribución del sistema radicular, etapa del crecimiento de la planta, retención y conducción del agua del suelo, así como de otros factores del clima que afectan a la evapotranspiración (Calvache, Córdova, & Cruz, 2017).

La aplicación excesiva de agua durante las primeras etapas del crecimiento de las plantas frecuentemente crea condiciones desfavorables en la zona radicular. Tales prácticas tienen a mantener el suelo excesivamente húmedo y frío en la zona radicular, causando que el abastecimiento de oxígeno para la planta en desarrollo se reduzca, favoreciéndose así la susceptibilidad de las plantas a enfermedades, por lo tanto, es necesario mantener siempre una humedad fácilmente aprovechable en la zona de máxima actividad radicular (Martelloto, 2004).

CAPITULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la Finca Experimental "La María", propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas 1°05'13.1" latitud Sur 79°29'52.2" longitud Oeste, con una altitud de 73msnm.

El predio posee un suelo de topografía irregular con poca pendiente (no supera el 1%), textura franca – arcillosa, con pH de 6.5 y drenaje regular. La zona posee un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 24.8 °C, precipitación promedio de 2252.5 mm/año, humedad relativa de 84 % y heliofanía de 894 horas sol/año ¹

3.2. Tipo de investigación

La investigación realizada corresponde a un tipo experimental clásica, en la cual se manejaron diferentes tratamientos, constituidos por láminas de reposición de agua en el cultivo de pimiento, y el registro de datos para el establecimiento del Kc en base a la evapotranspiración en comparación con el Kc teórico.

3.3. Métodos de investigación

En el proceso investigativo se utilizaron los siguientes métodos:

- **Inductivo:** En el planteamiento de las variables de respuesta, delimitación experimental y establecimiento de los procedimientos experimentales en base a los objetivos del estudio.
- **Deductivo:** Para la determinación específica del efecto de las diferentes láminas de reposición de agua en las características morfométricas de los frutos de pimiento y el rendimiento, así como para el establecimiento del Kc del cultivo en la zona de Mocache.

¹ Datos tomados de la Estación Meteorológica del INAMHI ubicada en la EET Pichilingue del INIAP

- **Comparativo:** Este método se aplicó en la correspondiente comparación de los valores del Kc real con el teórico de cada fase fenológica del cultivo de pimiento.
- **Analítico:** La aplicación de este método se hizo en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el registro de datos a lo largo del experimento.

3.4. Fuentes de recopilación de la información

La información presentada en este Proyecto de Investigación se obtuvo de fuentes tanto primarias, correspondiente a los datos obtenidos en el ensayo, así como fuentes secundarias, constituidas por datos, conceptualizaciones y demás información obtenidas de diferentes fuentes bibliográficas como libros, revistas, publicaciones, folletos, boletines divulgativos, manuales técnicos, y documentos de internet.

3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

En el ensayo se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos en tres repeticiones. Todas las variables evaluadas se sometieron al respectivo análisis de varianza, y se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 95% de probabilidad para la comparación de las medias de los tratamientos. La tabulación se la efectuó en Excel 2016, y el procesamiento estadístico se lo realizó en Infostat.

El análisis de varianza utilizado en el ensayo se presenta en la Tabla 3:

Tabla 3. Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	3
error	8
Total	11

3.5.1. Especificaciones el experimento

Número de tratamientos	4
Número de repeticiones:	3

Número de plantas por unidad experimental:	3
Número de plantas por repetición:	12
Total de plantas por tratamiento:	12
Total de plantas en el ensayo:	36

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Tratamientos estudiados

Se estudiaron tres láminas de reposición de agua al cultivo, que se compararon con un testigo de reposición cuando el nivel de agua en el suelo alcanzaba el punto de marchitez permanente, dando un total de cuatro tratamientos:

Tabla 4. Descripción de los tratamientos estudiados

No.	Tratamientos	Descripción
1	T ₁ : Reposición al 20 %	Riego cuando la CC descendió en un 20%
2	T ₂ : Reposición al 40 %	Riego cuando la CC descendió en un 40%
3	T ₃ : Reposición al 60 %	Riego cuando la CC descendió en un 60%
4	T ₄ : Testigo	Riego cuando la CC descendió hasta el PMP

CC: Capacidad de campo; PMP: Punto de marchitez permanente

3.6.2. Material de siembra

Se utilizó como material de siembra la variedad de pimiento Yolo Wonder distribuida por Agrosad, la misma que se caracteriza por ser semi precoz, vigorosa, bien ramificada y muy productiva. Los frutos de esta variedad son de cuatro puntas, carnosos, de color verde intenso, tornándose de color rojo cuando está maduro.

3.6.3. Manejo del experimento

3.6.3.1. Limpieza y preparación del sitio experimental

Se limpió el área correspondiente al sitio experimental, eliminando todas las malezas presentes, así como residuos, luego se niveló el terreno utilizando rastrillos, a fin de facilitar las labores en el sitio experimental.

3.6.3.2. Construcción de la cubierta

Se realizó una infraestructura hecha con caña guadua y plástico transparente simulando las condiciones de un invernadero, se realizaron tres platabandas para semillero. La infraestructura consistió en 4 puntales de caña guadua ubicándole encima cañas cortadas a la mitad para la realización del techo, toda la infraestructura fue recubierta con plástico transparente simulando el efecto invernadero con entradas parciales de luz solar.

3.6.3.3. Elaboración del sustrato

El sustrato se elaboró con una combinación de 345.6 kg de tierra de huerto más 86.4 kg de tamo de arroz para facilitar la aireación del sustrato y la infiltración del agua en el mismo, luego se homogenizó el sustrato utilizando una pala. Posteriormente se llenaron las fundas con aproximadamente 12 kg de sustrato, las cuales se sumergieron por 10 minutos en un tanque con agua hasta que dejaron de producirse burbujas saliendo de la funda (es decir que el espacio poroso dentro del sustrato llegó a su punto de saturación).

3.6.3.4. Siembra

La siembra se la efectuó 24 horas después de haber sumergido las fundas en agua, colocando dos semillas con el embrión hacia abajo. El trasplante se lo realizó a los 15 días después de la siembra, colocando una plántula por funda llena de sustrato.

3.6.3.5. Control de malezas

Se aplicó 1.5 l/ha de Killer (Paraquat) alrededor del invernadero, utilizando una bomba de mochila CP3 con una boquilla de abanico roja 0.4. En las plantas se realizaron controles manuales de malezas, eliminándolas para disminuir la interferencia de éstas sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo.

3.6.3.6. Raleo

Esta labor se la llevó a cabo a los 12 días después de la siembra, dejando la planta más vigorosa por sitio.

3.6.3.7. Fertilización

Se realizaron cuatro fertilizaciones edáficas, la primera con 5 g de 8-20-20 a los 20 días de edad del cultivo, 15 g de Yaramila Complex a los 35 días, y dos aplicaciones de 25 g de urea por planta a los 55 y 75 días de edad de las plantas. A los 30 y 45 días se aplicó 1 l/ha de Cytokin para estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas.

3.6.3.8. Riego

El riego se realizó siguiendo las especificaciones de cada uno de los tratamientos, teniendo en cuenta el descenso de la capacidad de campo obtenida, calculada en base a la humedad equivalente:

$$HE = 0.027(\% \text{ Arena}) + 0.187 (\% \text{ Limo}) + 0.555 (\% \text{ Arcilla})$$

$$HE = 0.027(6.1) + 0.187 (30.3) + 0.555 (63.6)$$

$$HE = 0.165 + 5.666 + 35.298$$

$$HE = 41.13 \%$$

$$CC = 0.865(HE) + 2.62$$

$$CC = 0.865 (41.13\%) + 2.62$$

$$CC = 35.58 + 2.62$$

$$CC = 38.2\%$$

$$PMP = CC * 0.55$$

$$PMP = 38.2 * 0.55$$

$$PMP = 21.01\%$$

$$\text{Agua disponible} = CC - PMP$$

Agua disponible = 38.2 % – 21.01 %

Agua disponible = 17.19 %

Para la determinación del momento del riego, se establecieron cuatro fundas con 7.42 kg de suelo seco (sin sembrarse plantas), adicionándole agua. La cantidad de agua retenida por el sustrato fue de 4.58 kg (4.58 l, ya que 1 kg de agua es igual a 1 litro) de agua, que fue la cantidad de agua necesaria para que el sustrato se encuentre a capacidad de campo, conformando un total de 12 kg. Estas sirvieron para el establecimiento del momento en que la capacidad de campo descendió al nivel de cada tratamiento en estudio.

Tabla 5. Descripción del cálculo de las reposiciones de agua al cultivo

Tratamientos	Peso de las fundas de referencia al momento del riego	Peso del agua aplicada
T ₁ : Reposición al 20%	11.08	0.92
T ₂ : Reposición al 40%	10.17	1.83
T ₃ : Reposición al 60%	9.25	2.75
T ₄ : Testigo	7.42	4.58

3.6.3.9. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas se utilizó Thanavin (Metomil) en dosis de 250 g/ha, utilizando una pulverizadora manual a los 15 y 45 días, alternando con Gilmectin (Abamectina) en dosis de 150 cc/ha a los 30 y 60 días de edad de las plantas. Para el control de enfermedades fúngicas se utilizó Benocor WP (Benomil) en dosis de 300 g/ha cada 15 días.

3.6.3.10. Cosecha

La cosecha se realizó una vez que los frutos alcanzaron su madurez fisiológica, utilizando una podadora manual Felco No. 2, a fin de no causar daños en la planta ni en los frutos.

3.7. Datos registrados y metodología de evaluación

3.7.1. Coeficiente del cultivo

El coeficiente del cultivo de pimiento se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$K_c = ETC/ET_o$$

Dónde:

K_c: Coeficiente del cultivo

ETC: Evapotranspiración real

ET_o: Evapotranspiración potencial

3.7.2. Requerimiento hídrico del cultivo

El requerimiento hídrico del cultivo se lo determinó realizando la sumatoria del ETC de los días que conformaron cada etapa fenológica del cultivo, expresando el valor en mm/ha.

3.7.3. Peso del sustrato y porcentaje de humedad (kg)

El sustrato se lo pesó al final del ensayo, tanto húmedo como seco, para posteriormente determinar el porcentaje de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$H = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} * 100$$

Dónde:

H: Porcentaje de humedad

P_{sh}: Peso del sustrato húmedo (kg)

P_{ss}: Peso del sustrato seco (kg)

3.7.4. Peso de planta (g)

Al final del ensayo, se pesó cada planta utilizando una balanza digital para posteriormente determinar el promedio y expresarlo en gramos.

3.7.5. Número de frutos por planta

Se contabilizó el total de frutos producidos por cada planta en cada tratamiento, para luego promediar.

3.7.6. Peso del fruto (g)

Se pesaron los frutos provenientes de las plantas de cada tratamiento para luego promediar y expresarlo en gramos.

3.7.7. Diámetro del fruto (cm)

Se registró el diámetro del fruto, utilizando un calibrador pie de rey, en los frutos obtenidos por cada planta para luego promediar de acuerdo a cada tratamiento y expresarlo en centímetros.

3.7.8. Rendimiento (kg/ha)

El rendimiento se evaluó considerando el rendimiento alcanzado en cada unidad experimental, para extrapolar al rendimiento por hectárea en kilogramos, utilizando regla de tres simple.

3.7.9. Análisis económico

Para el análisis económico se consideró el rendimiento alcanzado por cada tratamiento, con sus respectivos costos fijos, de tratamiento y variable, para posteriormente hallar la relación beneficio/costo y el porcentaje de rentabilidad, utilizando las siguientes fórmulas:

$$B/C = \text{Ingreso bruto} / \text{Costo total de producción}$$

$$\text{Rentabilidad (\%)} = \text{Ingreso neto} / \text{Costo total de producción} * 100$$

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

En la investigación en cuestión se contó con los siguientes recursos humanos:

- Estudiante responsable de la investigación
- Docente Director del Proyecto de Investigación
- Operarios de campo

3.8.2. Recursos materiales

- Balanza digital
- Borrador
- Calibrador pie de rey
- Cinta métrica
- Computadora
- Equipo venoclisis
- Hojas de papel bond
- Impresora
- Machete
- Memoria USB
- Podadora manual
- Pomas de un galón

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.5 Determinación del kc del cultivo

En la Tabla 6 se presentan los valores del coeficiente del cultivo en función de la evapotranspiración potencial (ET_o) y evapotranspiración real (ET_c) del cultivo de pimiento en la finca experimental “La María”. La evapotranspiración potencial fluctuó entre 25.8 y 38.6 mm/10 días, mientras que la evapotranspiración real varió de 17.42 a 30.35 mm/10 días, correspondiendo el más alto valor de ET_o a los últimos 10 días del ciclo vegetativo del cultivo, mientras que el de ET_c fue mayor entre el día 81 y 90 de edad del cultivo. El kc por su parte varió entre 0.65 y 0.91, siendo mayor entre los días 61 y 80, período en el cual se mantuvo constante.

Tabla 6. Determinación del Kc del cultivo de pimiento en la finca experimental “La María”

Días	ET _o	ET _c	Kc
0 – 10	36.8	23.92	0.65
10 – 20	27.3	17.75	0.65
21 – 30	30.0	21.3	0.71
31 – 40	25.8	19.87	0.77
41 – 50	30.3	24.85	0.82
51 – 60	34.0	29.92	0.88
61 – 70	31.3	28.48	0.91
71 – 80	30.9	28.12	0.91
81 – 90	35.7	30.35	0.85
91– 100	28.0	22.4	0.80
101 – 110	38.6	28.56	0.74

4.1.6 Comparación del Kc teórico y real del cultivo

En la Tabla 7 se observa la evolución del coeficiente del cultivo (Kc), tanto teórico como real en función de las etapas fenológicas (plantación, floración, fructificación y cosecha).

El Kc muestra una fase estacionaria en la etapa de plantación, mientras que a lo largo de la floración muestra un crecimiento, manteniéndose constante durante la fructificación, y descendiendo desde que empieza la cosecha.

En la etapa de plantación que dura desde la siembra hasta el día 20 de edad de las plantas, el Kc teórico fluctúa entre 0.30 y 0.60, mientras que el Kc real del cultivo en el área del ensayo fue de 0.65.

Para la siguiente etapa que corresponde a la floración que tiene lugar hasta el día 60, el Kc teórico varía desde 0.45 hasta 0.1.04, y el Kc real se incrementó desde 0.71 hasta 0.88.

En la etapa de fructificación es decir hasta el día 80, el Kc teórico se mantuvo constante fluctuando entre 0.82 y 1.15 de acuerdo a las fuentes consultadas. El Kc real en esta etapa fue de 0.91. Finalmente, para la etapa de cosecha el Kc teórico varió de 0.59 a 1.02, mientras que el Kc real fue descendió desde 0.85 hasta 0.74.

Tabla 7. Evolución del Kc teórico y real del cultivo de pimiento.

Etapa	Días	Buñay (2017)	Carrillo (2012)	Moreira & Vélez (2015)	Real
Plantación	0 – 10	0.60	0.52	0.30	0.65
	10 – 20	0.60	0.52	0.30	0.65
Floración	21 – 30	0.71	0.58	0.45	0.71
	31 – 40	0.82	0.64	0.60	0.77
	41 – 50	0.93	0.70	0.75	0.82
	51 – 60	1.04	0.76	0.90	0.88
Fructificación	61 – 70	1.15	0.82	1.05	0.91
	71 – 80	1.15	0.82	1.05	0.91
Cosecha	81 – 90	1.02	0.74	1.00	0.85
	91 – 100	0.88	0.67	0.95	0.80
	101 – 110	0.75	0.59	0.90	0.74

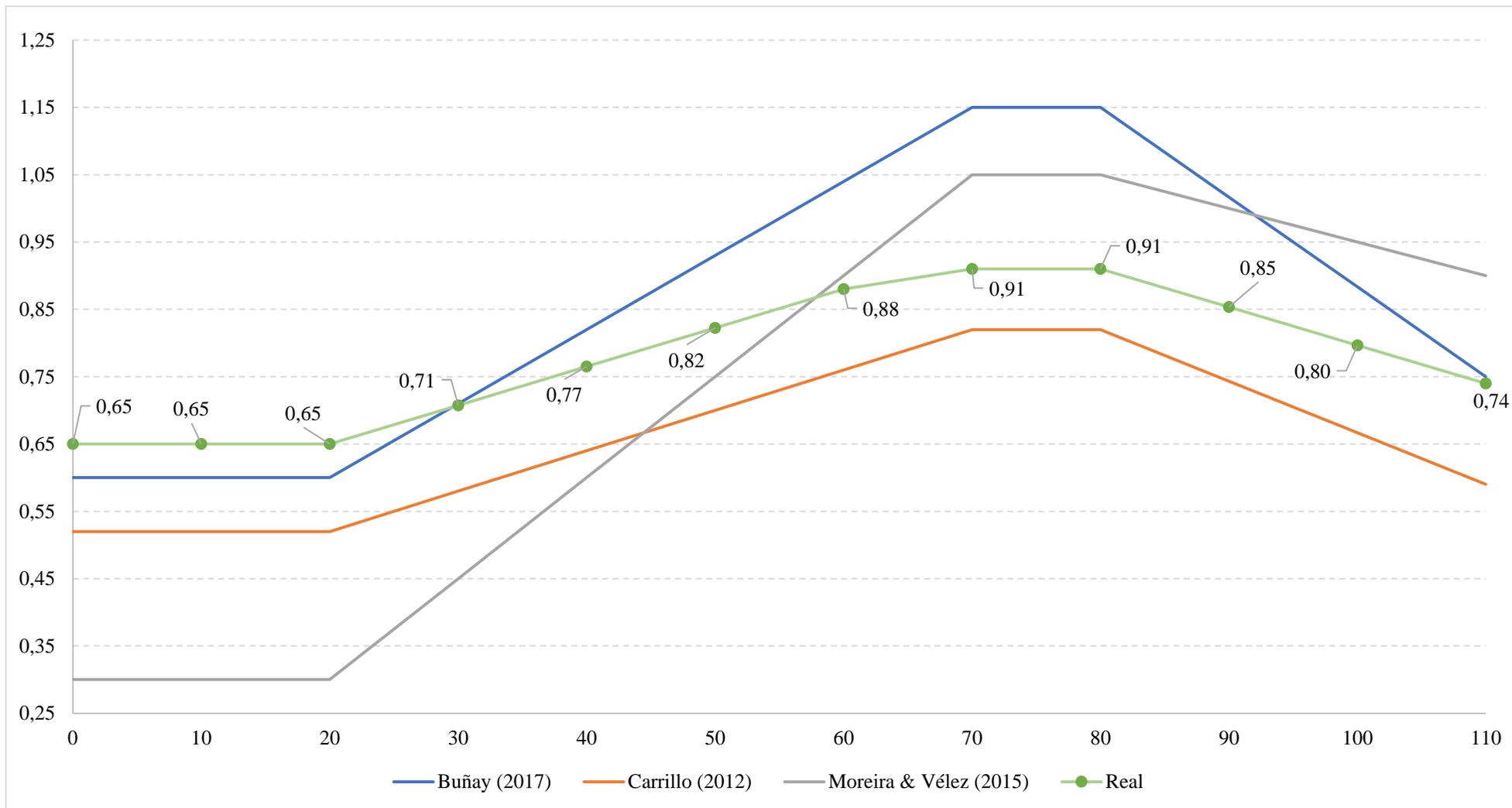


Gráfico 1. Comparación del Kc teórico y el Kc real en la determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en función a la evapotranspiración real en comparación con el Kc teórico

4.1.7 Requerimiento hídrico del cultivo

Los requerimientos hídricos del cultivo se presentan en la Tabla 8, el cual registró un comportamiento ascendente desde la etapa inicial (plantación) del cultivo hasta la etapa de fructificación, descendiendo para la cosecha.

Considerando la duración de las etapas fenológicas del cultivo, se observa que en promedio el cultivo necesita 1.76 mm/día en etapa de plantación, 2.40 mm/día en floración, 2.85 mm/día en fructificación que es la etapa en la que más cantidad de agua requiere el cultivo, disminuyendo hasta 2.74 mm/día en la etapa de cosecha.

En total el cultivo requiere de un total de 262.02 mm/ha, lo que se traduce en 2690.20 l/ha, evidenciándose que por cada día en total se requiere de 9.74 mm/ha, es decir cada planta de pimiento necesita de un total de 134.51 l de agua en los 110 días que dura su ciclo vegetativo.

Tabla 8. Requerimientos hídricos por fase fenológica del cultivo de pimiento en la zona de Mocache

Fases fenológicas	Duración (días)	Requerimientos hídricos			
		mm/ha	mm/ha/día	m ³ /ha	l/planta
Plantación	20	35.17	1.76	351.70	17.59
Floración	40	95.94	2.40	959.40	47.97
Fructificación	10	28.48	2.85	284.80	14.24
Cosecha	40	109.43	2.74	1094.30	54.72
Total	110	269.02	9.74	2690.20	134.51

Como se puede apreciar en el Gráfico 2, en la etapa de plantación el cultivo requiere de un total de 35.17 mm/ha en plantación que tiene una duración de 20 días, mientras que para los 40 días que comprende la etapa de floración el requerimiento asciende a 95.94 mm/ha, siendo de 28.48 en los 10 días que dura la fructificación, y llegando hasta 109.43 mm/ha para los 40 días que dura la etapa de cosecha.

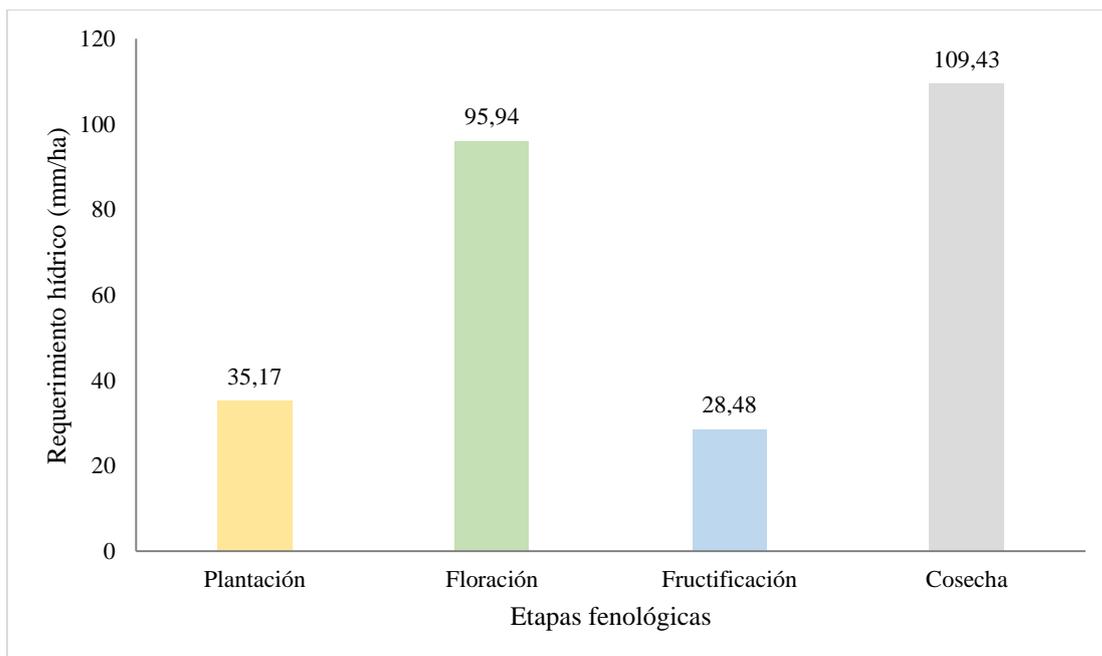


Gráfico 2. Comparación del requerimiento hídrico de las etapas fenológicas del cultivo de pimienta mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache.

4.1.8 Evapotranspiración y reposiciones de agua

En la Tabla 9 se presenta el número de reposiciones realizadas en cada tratamiento en estudio con sus correspondientes intervalos de reposición mínimo y máximo.

Los intervalos de reposición de agua variaron de 3 a 10 días en la reposición al 20%, mientras que en la del 40% este intervalo fluctuó desde 5 a 13 días, siendo de 11 a 25 días en la reposición al 60% de la capacidad de campo. En el testigo los intervalos de reposición de agua fueron de 18 a 35 días.

Tabla 9. Número de reposiciones e intervalos de reposición en el ensayo

Tratamientos	Número de reposiciones	Intervalo de reposición (Días)	
		Mínimo	Máximo
T ₁ : Reposición al 20%	21	3	10
T ₂ : Reposición al 40%	13	5	13
T ₃ : Reposición al 60%	8	11	25
T ₄ : Testigo	5	18	35

En el Gráfico 3 se presentan los valores de nivel de lámina y reposición de agua al 20% de la capacidad de campo. Se realizaron 20 reposiciones de agua, cada una de estas cuando la lámina de agua disponible descendió hasta aproximadamente el 80% de la capacidad de campo. El nivel de la lámina de agua disponible varió de 29.1 a 38.2 mm, mientras que las reposiciones realizadas fueron de 6.28 a 9.1 mm.

En el Gráfico 4 se presentan los valores de nivel de lámina y reposición de agua al 40% de la capacidad de campo. Se realizaron 12 reposiciones de agua, cada una de estas cuando la lámina de agua disponible descendió hasta aproximadamente el 60% de la capacidad de campo. El nivel de la lámina de agua disponible varió de 22.46 a 38.2 mm, mientras que las reposiciones realizadas fueron de 13.66 a 15.69 mm.

Los valores de lámina de agua disponible y reposiciones de agua al 60% de la capacidad de campo se presentan en la Tabla 5. Se realizaron 7 reposiciones de agua, cada una de estas cuando la lámina de agua disponible descendió hasta aproximadamente el 40% de la capacidad de campo. El nivel de la lámina de agua disponible varió de 13.19 y 38.20 mm, mientras que las reposiciones realizadas fueron de 15.36 a 24.99 mm.

Los valores de lámina de agua disponible y reposiciones en el testigo, se presentan en el Gráfico 6. Se realizaron 4 reposiciones de agua, cada una de estas cuando la lámina de agua disponible descendió hasta aproximadamente el 0% de la capacidad de campo. El nivel de la lámina de agua disponible varió de 0.40 y 38.20 mm, mientras que las reposiciones realizadas fueron de 37.30 a 38.2 mm.

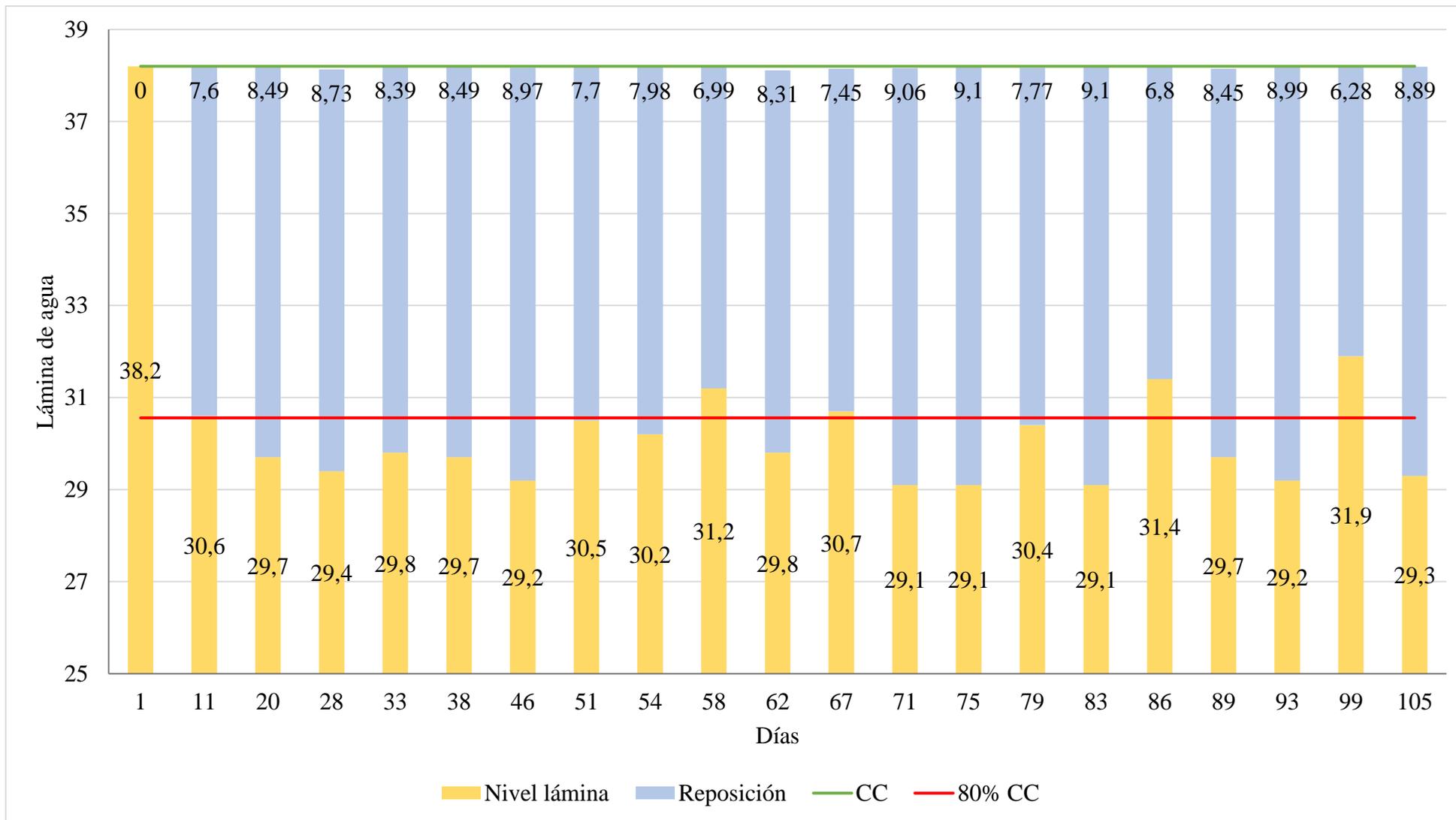


Gráfico 3. Reposición de la lamina de agua (mm) al 20% de la CC

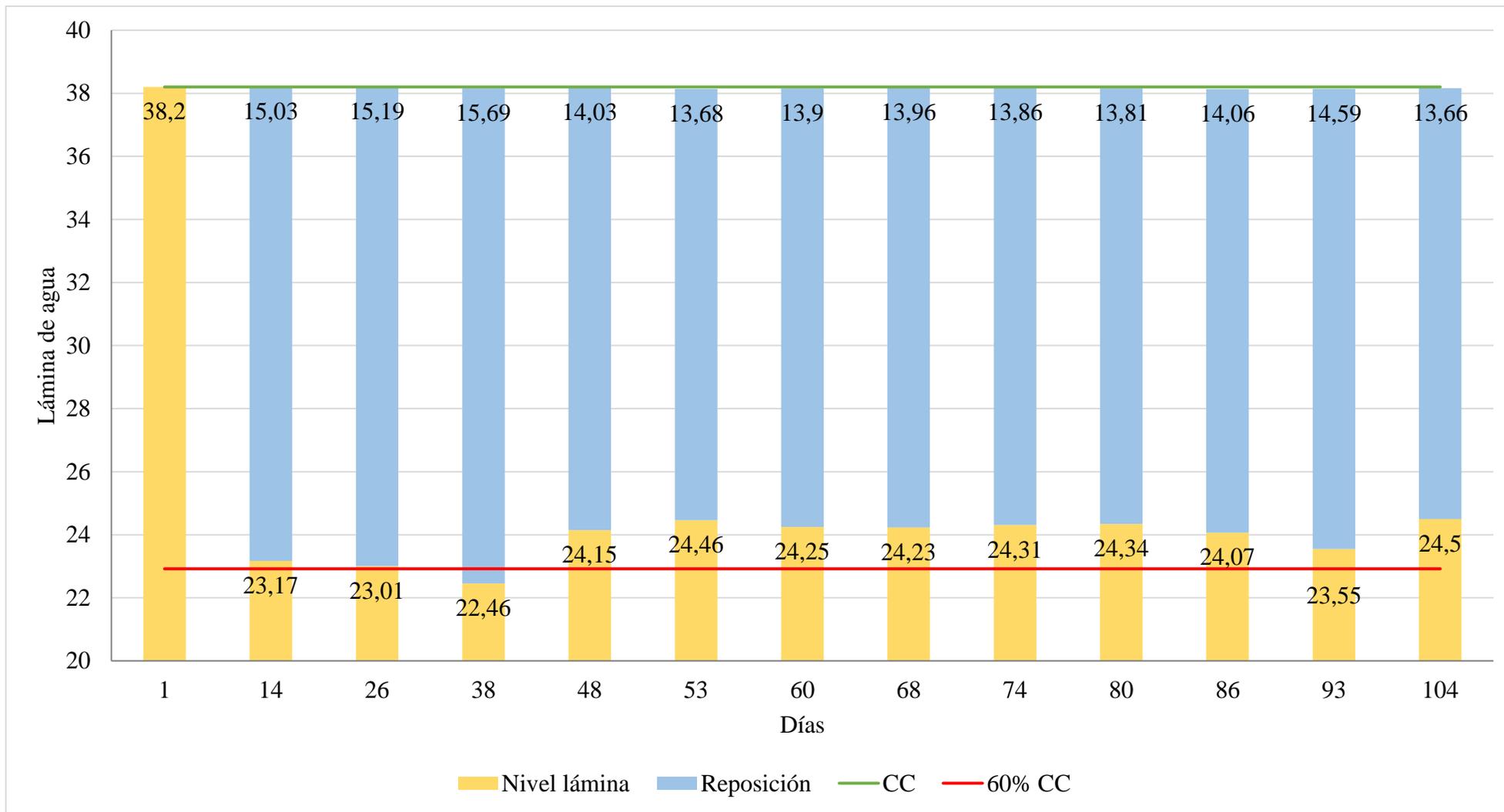


Gráfico 4. Reposición de la lámina de agua (mm) al 40% de la CC

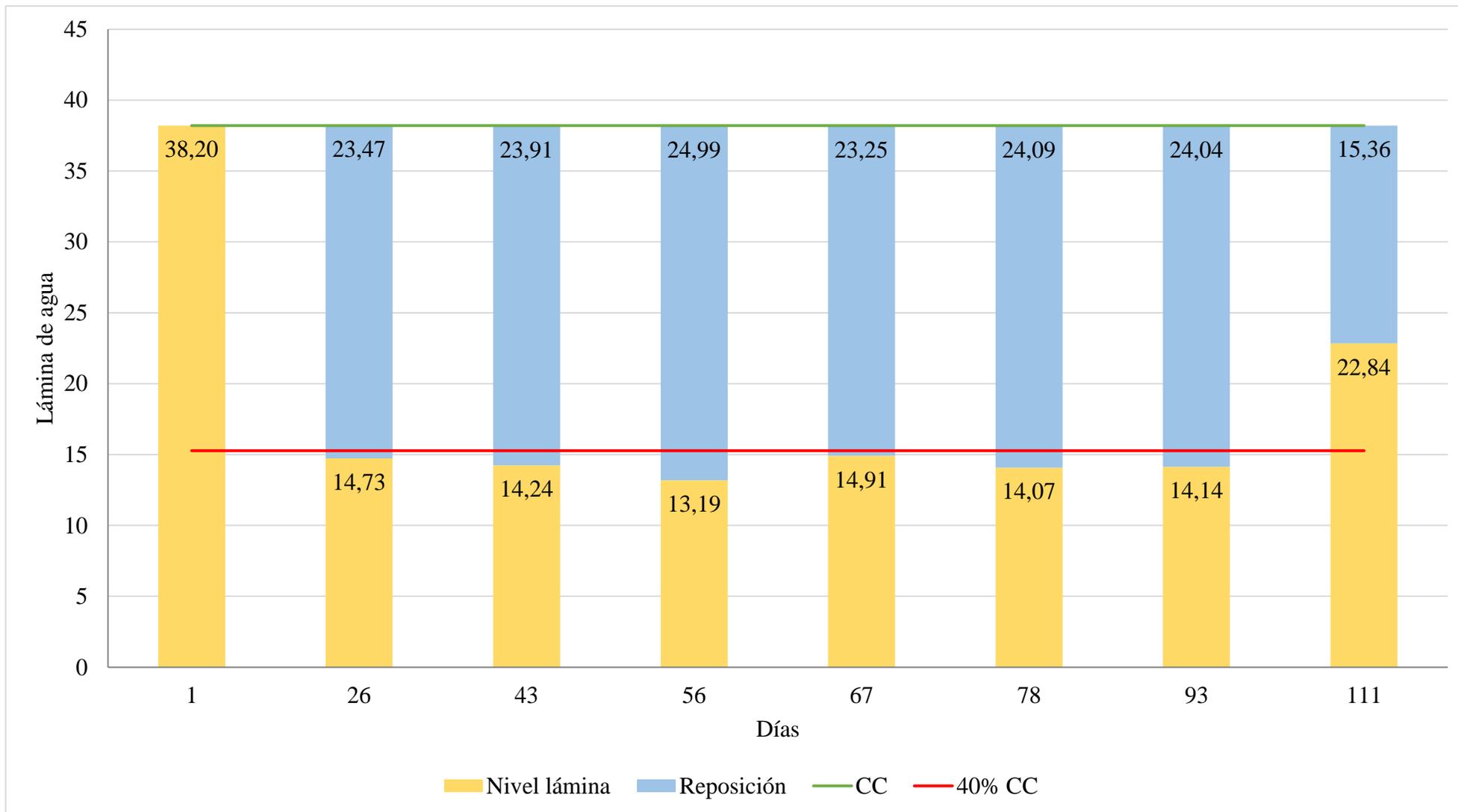


Gráfico 5. Reposición de la lámina de agua (mm) al 60% de la CC

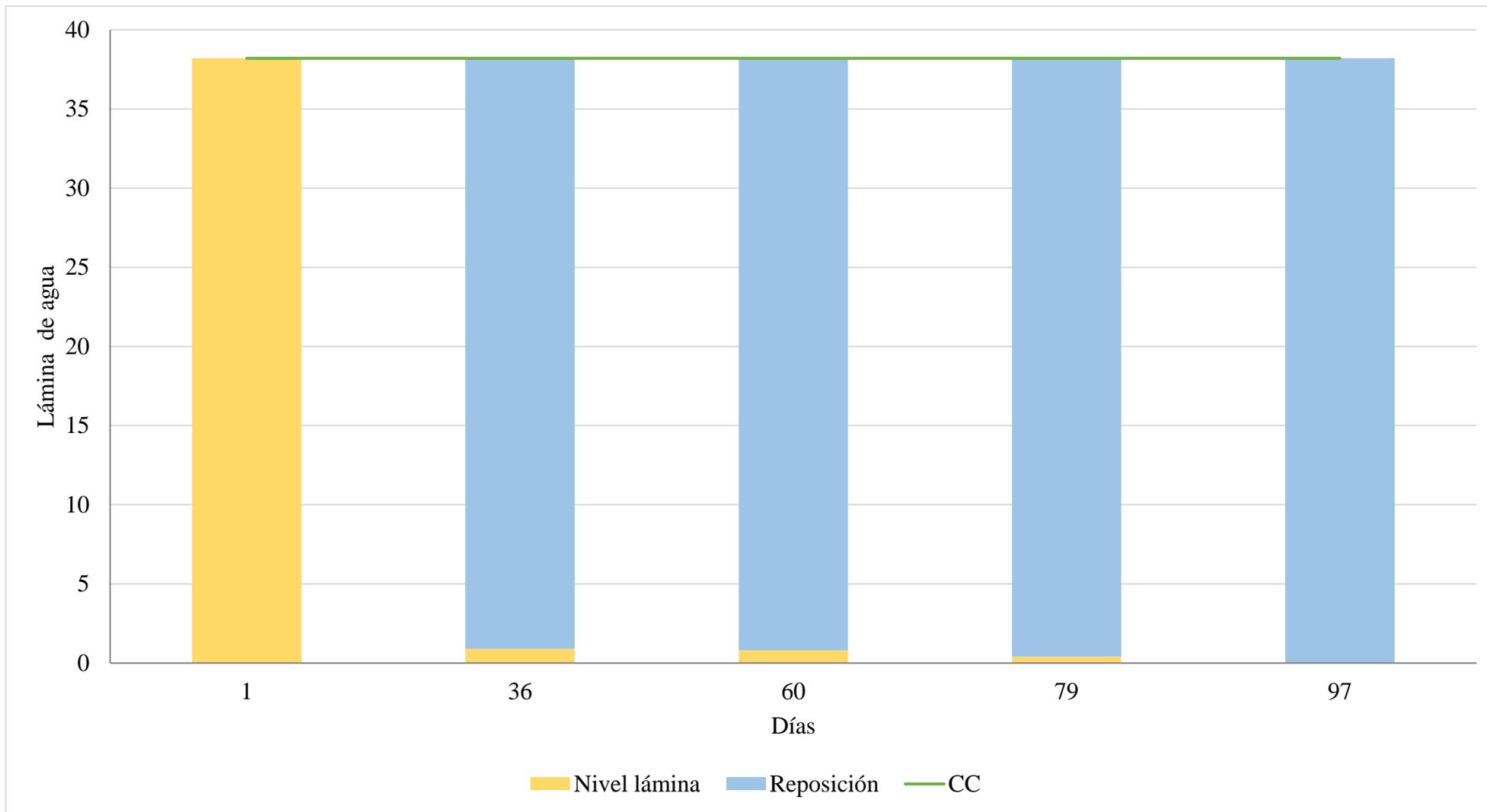


Gráfico 6. Reposición de la lámina de agua (mm) en el testigo al 100% de la CC

4.1.9 Peso del sustrato al final del ensayo

En la Tabla 10 se presente el peso del sustrato al final del ensayo. Los resultados indican que el sustrato sometido a una reposición de agua al 20% de la CC presentó un menor peso seco con 7.17 kg, mientras que en el testigo fue de 7.36 kg, lo que demuestra que el peso ocupado por el agua remanente en ese instante fue de 3.31 kg, es decir un 46.16 % de humedad.

El testigo registró menor peso de agua con 0.72 kg, traducándose en un 9.78 % de humedad. Las reposiciones al 40 y 60% registraron 7.22 y 7.29 kg de peso seco, con un porcentaje de humedad de 36.43 y 23.73 % respectivamente.

Tabla 10. Peso y contenido de humedad del sustrato al final del ensayo

Tratamientos	Peso húmedo (kg)	Peso seco (kg)	Peso del agua (kg)	Contenido de humedad (%)
T ₁ : Reposición al 20%	10.48	7.17	3.31	46.16
T ₂ : Reposición al 40%	9.85	7.22	2.63	36.43
T ₃ : Reposición al 60%	9.02	7.29	1.73	23.73
T ₄ : Testigo	8.08	7.36	0.72	9.78
Promedio	9.36	7.26	2.1	29.03

4.1.10 Peso de planta (g)

En la Tabla 11 se presentan los promedios correspondientes al peso de planta en gramos, una vez efectuado el análisis de varianza los tratamientos no registraron significancia estadística, presentando un coeficiente de variación de 49.9 %.

Con la reposición al 60% de la capacidad de campo se registró mayor peso por planta con 483.3 g, estadísticamente igual a los demás tratamientos que registraron peso de planta entre 266.7 y 383.3 g.

Tabla 11. Peso de planta (g) en la determinación de los requerimientos hídricos óptimos del pimiento (*Capsicum annuum*) mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache.

Tratamientos	Peso de la planta (g)*
T ₁ : Reposición al 20%	383.3 a
T ₂ : Reposición al 40%	373.3 a
T ₃ : Reposición al 60%	483.3 a
T ₄ : Testigo	266.7 a
Promedio	376.7
Coefficiente de variación (%)	49.9

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

4.1.11 Número de frutos por planta

Los promedios del número de frutos por planta se presentan en la Tabla 12. Realizado el análisis de varianza, se evidenció que los tratamientos registraron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 39.6%.

La reposición de agua al 20% produjo la mayor cantidad de frutos por planta con 14.3, estadísticamente igual a los tratamientos al 40 y 60% que registraron promedios de 11.3 y 9.7 frutos, respectivamente, superiores estadísticamente al testigo que no produjo ningún fruto.

Tabla 12. Número de frutos por planta en la determinación de los requerimientos hídricos óptimos del pimiento (*Capsicum annuum*) mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache.

Tratamientos	Número de frutos por planta*
T ₁ : Reposición al 20%	14.3 a
T ₂ : Reposición al 40%	11.3 a
T ₃ : Reposición al 60%	9.7 a
T ₄ : Testigo	0.0 b
Promedio	8.8
Coefficiente de variación (%)	39.6

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

4.1.12 Peso del fruto

En la Tabla 13 se presentan los promedios correspondientes a peso de fruto en gramos. El correspondiente análisis de varianza reflejó alta significancia estadística para los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variación del 7.1 %.

El tratamiento con la reposición de agua al 40% registró el mayor promedio de peso de fruto con 51.7 g, sin diferir estadísticamente de la reposición al 60 y 20% con promedios de 51.3 y 48.4 g, respectivamente, superiores estadísticamente al testigo que no registró producción de frutos.

Tabla 13. Peso del fruto (g) en la determinación de los requerimientos hídricos óptimos del pimiento (*Capsicum annuum*) mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache.

Tratamientos	Peso del fruto (g)*
T ₁ : Reposición al 20%	48.4 a
T ₂ : Reposición al 40%	51.7 a
T ₃ : Reposición al 60%	51.3 a
T ₄ : Testigo	0.0 b
Promedio	37.8
Coeficiente de variación (%)	7.1

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

4.1.13 Diámetro del fruto (cm)

En la Tabla 14 se presentan los promedios registrados del diámetro del fruto, según el análisis de varianza, los tratamientos alcanzaron alta significancia estadística, presentando un coeficiente de variación del 15.3 %.

La reposición de agua del 40% se registró el mayor promedio de diámetro de fruto con un valor de 6.1 cm, estadísticamente igual a los tratamientos con reposiciones de agua al 60% y 20% que registraron valores de 5.9 y 5.0, en su orden, superiores estadísticamente al testigo que, por la inexistencia de frutos, el valor fue de 0.0 cm.

Tabla 14. Diámetro del fruto (cm) en la determinación de los requerimientos hídricos óptimos del pimiento (*Capsicum annuum*) mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache.

Tratamientos	Diámetro del fruto (cm)*
T ₁ : Reposición al 20%	5.0 a
T ₂ : Reposición al 40%	6.1 a
T ₃ : Reposición al 60%	5.9 a
T ₄ : Testigo	0.0 b
Promedio	4.2
Coefficiente de variación (%)	15.3

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

4.1.14 Rendimiento (kg/ha)

Los promedios presentados en la Tabla 15 corresponden al rendimiento por hectárea del cultivo de pimiento en respuesta a las diferentes láminas de reposición de agua, cuyo análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos en estudio, alcanzando un coeficiente de variación de 23.1 %.

Con la reposición al 20% se registró el mayor nivel de rendimiento con 64895.8 kg/ha, superando estadísticamente a las láminas de reposición al 40 y 60% que presentaron rendimientos entre de 32604.2 y 48333.3 kg/ha. El tratamiento testigo no registró rendimiento, debido a la muerte de las plantas sometidas a estrés hídrico.

Tabla 15. Rendimiento (kg/ha) en la determinación de los requerimientos hídricos óptimos del pimiento (*Capsicum annuum*) mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)*
T ₁ : Reposición al 20%	64895.8 a
T ₂ : Reposición al 40%	48333.3 b
T ₃ : Reposición al 60%	32604.2 b
T ₄ : Testigo	0.0 c
Promedio	36458.3
Coefficiente de variación (%)	23.1

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

4.1.15 Análisis económico

En la Tabla 16 se muestra el análisis económico de los tratamientos en función del rendimiento y sus respectivos costos.

Con la reposición al 20% que registró mayor rendimiento con 64895.8 kg/ha, se obtuvo la mayor rentabilidad con un 53.95%, a un costo de tratamiento de \$ 3820.67, costo variable \$ 2595.83, con un costo total de \$ 12646.50, produciendo un ingreso bruto de \$ 19468.75 e ingreso neto de \$ 6822.25, con una relación beneficio/costo de 1.54, lo que significa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de \$ 0.54.

La reposición del 40% produjo una rentabilidad de 27.28%, mientras que la del 60% y testigo generaron pérdidas económicas, con rentabilidades de -5.88 y -100.00, en su orden.

Tabla 16. Análisis económico de los tratamientos en estudio en la determinación de los requerimientos hídricos óptimos del pimiento (*Capsicum annuum*) mediante el cálculo de la Evapotranspiración y Kc, en la zona de Mocache.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Ingreso bruto (\$)	Costo variable (\$)	Costo del tratamiento (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	B/C	Rentabilidad (%)
T1: Reposición al 20%	64895.8	19468.75	2595.83	3820.67	12646.50	6822.25	1.54	53.95
T2: Reposición al 40%	48333.3	14500.00	1933.33	3228.67	11392.00	3108.00	1.27	27.28
T3: Reposición al 60%	32604.2	9781.25	1304.17	2858.67	10392.83	-611.58	0.94	-5.88
T4: Testigo 0%	0.0	0.00	0.00	2636.67	8866.67	-8866.67	0.00	-100.00

Precio de venta	\$ 0.30 /kg
Costo variable	\$ 0.04 /kg
Costo fijo	\$ 6230.00
Poma	\$ 0.18
Equipo venocllisis	\$ 0.50
Vida útil del sistema de riego	6 ciclos de producción
Costo por reposición:	\$ 74.00

4.2. Discusión

La variación del Kc se dio de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, iniciándose con 0.65 en la etapa de plantación, llegando hasta 0.88 en floración, manteniéndose en 0.91 en fructificación y descendiendo hasta 0.74 en época de cosecha. Dicha variación responde al crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que se incrementa el área foliar, lo que aumenta la transpiración por parte de las plantas. El comportamiento del Kc concuerda con la evaluación del mismo obtenido en los estudios de Carrillo (2012), Moreira & Vélez (2015) y Buñay (2017) quienes observaron que la etapa inicial el Kc es bajo y mantiene estable, luego sufre un notable incremento durante la floración, siendo constante en fructificación, y finalmente decrece para la cosecha, debido a que las hojas viejas no demandan igual cantidad de agua que las nuevas.

El kc en conjunto con la evapotranspiración del cultivo, marcan las pautas para el establecimiento del requerimiento hídrico de un cultivo, que en el caso del pimiento sembrado en el presente estudio fue de fluctuó de acuerdo a la etapa fenológica y duración de las mismas, siendo de 35.17 mm en plantación, 95.94 mm en floración, 28.48 mm en fructificación y 109.43 mm en la etapa de cosecha. El incremento en floración y cosecha se puede atribuir directamente a la duración de dichas etapas, siendo esta última de 40 días, en comparación de los 10 días en fructificación. Esto concuerda con Allen *et al.* (2006), quienes indican que las etapas fenológicas más extensas demandan de mayor cantidad de agua.

El peso de la planta no fue influenciado significativamente por las láminas de reposición en comparación con el tratamiento, con valores que oscilaron entre 266.7 y 483.3 g, mientras que el diámetro (6.1 cm) y peso (51.7 g) fue mayor en la reposición al 40%, sin embargo, no difirió significativamente de las dos láminas restantes, esto demuestra que estos parámetros no fueron influenciados por las diferencias de reposición de dichas láminas.

La lámina de reposición de agua al 20% de la CC, permitió cosechar más frutos por planta (14.3), que fueron de menor diámetro y peso (5.0 cm y 48.4 g), pero produjo mayor rendimiento con 64895.8 kg/ha, esto demuestra que la producción de frutos fue mayor al aportarse agua de una forma más frecuente al cultivo, concordando con Prudente (2015) que indica que un aporte adecuado de agua al cultivo permite obtener altos rendimientos, por una

mayor producción de frutos por planta, lo que se ve reflejado además en una mayor rentabilidad que ascendió a 53.95% con la mencionada lámina de reposición.

La rentabilidad obtenida justifica la inversión en la metodología de riego implementada, por lo que representa una notable sostenibilidad, lo que según Panduro (2010), es un factor clave para implementar una tecnología de producción en un cultivo, puesto que su inversión debe justificarse a través del incremento en términos de rendimiento y beneficio económico obtenido por unidad de superficie.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La variación del Kc varió según la etapa fenológica del cultivo, iniciándose con 0.65 en la etapa de plantación, llegando hasta 0.88 en floración, manteniéndose en 0.91 en fructificación y descendiendo hasta 0.74 en época de cosecha.
- Los requerimientos hídricos del cultivo variaron de acuerdo a la etapa fenológica y duración de las mismas, siendo de 35.17 mm en plantación, 95.94 mm en floración, 28.48 mm en fructificación y 109.43 mm en la etapa de cosecha.
- El peso de la planta no fue influenciado significativamente por las láminas de reposición en comparación con el tratamiento, con valores que oscilaron entre 266.7 y 483.3 g.
- La lámina de reposición de agua al 20% de la CC, permitió cosechar más frutos por planta (14.3), que fueron de menor diámetro y peso (5.0 cm y 48.4 g), pero produjo mayor rendimiento con 64895.8 kg/ha.
- La mayor rentabilidad se obtuvo al reponer agua al cultivo al 20% de la capacidad de campo con un 53.95%.

5.2. Recomendaciones

- Realizar la reposición de agua al cultivo de pimiento cuando la lámina haya perdido un 20% de la capacidad de campo, con lo que se logró mayor rendimiento y rentabilidad por hectárea.
- Llevar a cabo la presente investigación en campo abierto, utilizando el método del tanque evaporímetro para la determinación más acertada del ETR y requerimiento hídrico del cultivo.
- Evaluar diferentes niveles de reposición de agua en función del requerimiento hídrico del cultivo en campo abierto a fin de constituir un riego controlado.

CAPITULO VI.

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada

- Aguado, G., Del Castillo, J., Uribarri, A., Astiz, M., & Sádaba, S. (2011). Guía del cultivo de pimiento en invernadero. ULMA. Guipozcoa- España. P 30.
- Alarcón, T. (2012). La humedad en el suelo. Obtenido de <http://info.elriego.com/humedad-en-el-suelo-capacidad-de-campo-punto-de-marchitez-y-agua-util-en-funcion-del-tipo-de-suelo/>
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- Antón, A., Montero, J., & Muñoz, P. (2016). Necesidades de agua del cultivo de tomate en invernadero: comparación con el cultivo al aire libre. IRTA. Barcelona-España. 369-374.
- Bielinski, S. (2008). Producción de hortalizas en ambientes protegidos. Obtenido de <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS118200.pdf>
- Boicet, T., Verdecia, J., Pujol, P., Alarcón, A., & Boudet, A. (2001). Respuesta de producción del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) al riego deficitario en un período fuera de la época. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 10, núm. 4, pp. 75-78.
- Buechel, T. (2015). Producción de hierbas aromáticas y hortalizas en invernaderos Parte I. PROMIX, 2 p.
- Buñay, C. (2017). Etapas fenológicas del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum*. l) var. verde, bajo las condiciones climáticas del cantón General Antonio Elizalde (Bucay) provincia del Guayas. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 61 p.
- Calvache, M., Córdova, V., & Cruz, S. (2017). Deficiencia de agua en el suelo y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L. Journal of the Selva Andina Biosphere 5(2). 94-106.
- Castro, H. (2013). Relación suelo - humedad. Obtenido de <http://info.elriego.com/humedad-en-el-suelo-capacidad-de-campo-punto-de-marchitez-y-agua-util-en-funcion-del-tipo-de-suelo/>
- Cézar, A., & Álvarez, B. (2006). Pimiento para pimentón en Santa María: Alternativas de Riego. Obtenido de http://www.cappama.org.ar/descargas/estudioRIEGO_pimenton_CATAmrca.pdf

- Ecoagricultor. (2014). El cultivo de pimiento. Obtenido de <http://www.ecoagricultor.com/el-cultivo-del-pimiento/>
- Endara, S. (2017). Evaluación del rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo tres niveles de fertilización química y tres distanciamientos de siembra. Universidad Técnica de Babahoyo. Espejo-Ecuador. 71 p.
- Estrada, Z., Martínez, J., & Baca, C. (2004). Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónica. *Agrociencia* 38: 207-218.
- Euroresidentes. (2009). El Riego. Obtenido de http://www.euroresidentes.com/jardineria/sistemas_de_riego/riego/riego.htm
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- Fertilab. (2014). Importancia del sistema radical de las plantas. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/sistema-radical.php>.
- García, M. (2008). Efecto de diferentes sistemas de cultivo sobre la composición antioxidante y calidad del fruto del cultivo de pimiento fresco bajo invernadero en la Región de Murcia. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena-España. 136 p.
- Guato, M. (2017). Evaluación del rendimiento de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) a las condiciones agroclimáticas de La comunidad La Clementina, parroquia Pelileo, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos-Ecuador. 87 p.
- Guerra, M. (2009). Manual de diseño de sistemas de riego a gravedad y por aspersión. Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador. 187 p.
- Katerji, N., Mastrorilli, M., & Hamdy, A. (2013). Effects of water stress at different growth stages on pepper yield. *Acta Hort.*, 335, 165-171.
- López, L. (2013). Cultivo de pimentón. Obtenido de <https://www.clubensayos.com/Ciencia/Cultivo-Del-Pimenton/758691.html>
- Macías, P., & Sornoza, J. (2016). Efecto de insecticida orgánico de ají (*Capsicum pubescens*) sobre el control de trips (*Frankiniella occidentalis*) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Chone-Ecuador. 77 p.
- Martelloto, E. (2004). El sitio agrícola resultado en pimiento con riego. Tercera Edición. Ministerio de agricultura en Madrid. Madrid-España. 96 p.

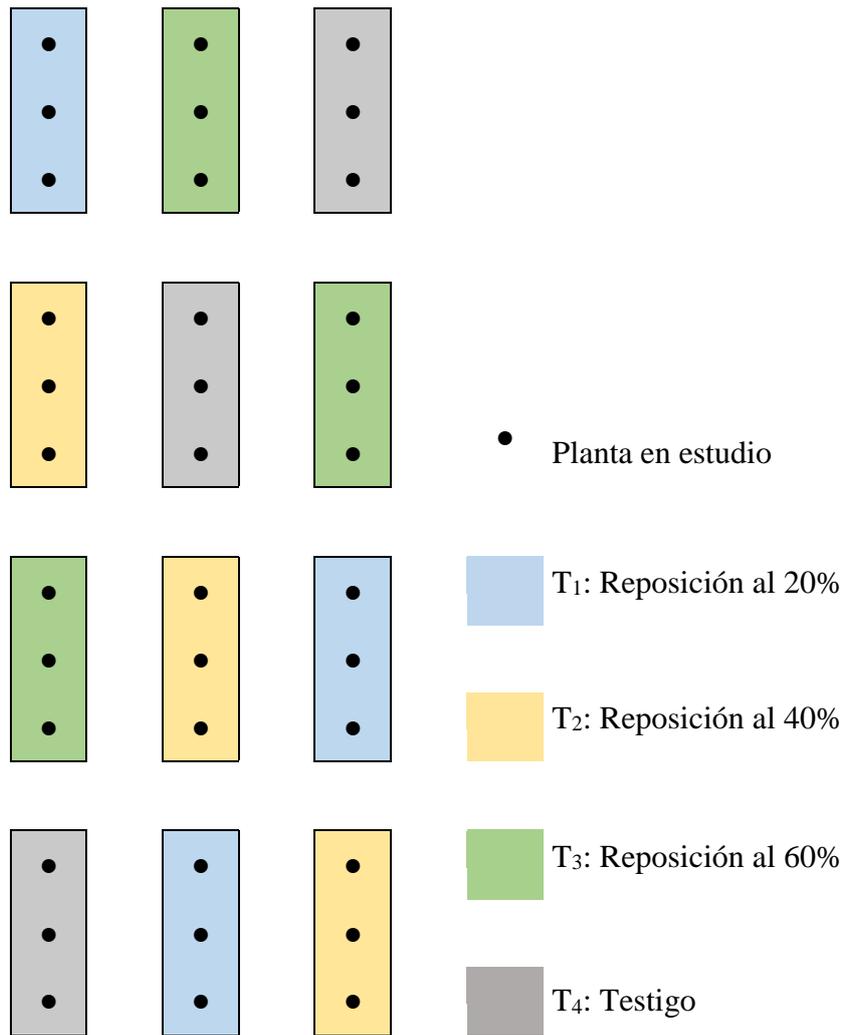
- Matute, L. (2015). Efectos de la aplicación de tres láminas de riego por goteo sobre el comportamiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero, en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil-Ecuador. 92 p.
- Minta, M. (2010). Evaluación de diferentes densidades de siembra de lombrices en la producción de abono orgánico Casting. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 82 p.
- Miranda, M. (2002). Guía del pimiento 2ed. TOA, Santafé de Bogotá, Colombia. No. 93: 95.
- Molina, M. (2010). Riego Deficitario. Obtenido de <http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/Riego%20deficitario.pdf>
- Osorio, D. (2003). Producción de pimiento, tomate y lechuga en hidroponías. Grupo Latino. Bogotá-Colombia. 116 p.
- Pacheco, J. (2006). Curso de producción de hortalizas bajo invernadero. Fundación Produce A.C. Sinaloa-México. 83 p.
- Panduro, I. (2010). Comportamiento de cuatro híbridos de *Capsicum annuum* L. y su efecto en el rendimiento de frutos y otras variables agronómicas, en Zungarococha distrito de San Juan Bautista, Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 128 p. .
- Prudente, J. (2015). Efecto de láminas de riego en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de la Comuna Cerezal Bellavista, cantón Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad-Ecuador. 93 p.
- Rodríguez, K. (2008). Estudio para la creación de una empresa de acopio de hortalizas en la parroquia Guayllabamba. Universidad Central del Ecuador. Quit-Ecuador. 97 p.
- Rojas, R. (2005). Las Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera En Planificación, Diseño y Manejo de Proyectos de Aguas y Tierras. Obtenido de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/RASPA.PDF>
- Román, R. (2010). Evaluación de cinco sustratos combinados con tres concentraciones de ceniza volcánica en dos tipos de bandeja para la obtención de plántulas de uvilla (*Physalis peruviana* L.), bajo invernadero. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 112 p.
- Salas, A. F., & Urrestarazu, L. P. (2008). Bases del riego localizado. Relación suelo-agua-planta. Obtenido de http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_03.htm

- Silva, J. (2015). Evaluación de cuatro programas de fertilización foliar complementaria en la producción de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) Var. Sheila bajo invernadero, 2015. Universidad Central de Ecuador. Quito-Ecuador. 93 p.
- smart-fertilizer.com. (2015). Las Necesidades Hídricas de Cultivos. Obtenido de <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/water-requirements-of-crops>
- Solagro. (2006). Pimiento (*Capsicum annuum* L.). Obtenido de <http://www.solagro.com.ec/web/cultdet.php?vcultivo=Pimienta>
- Vásconez, J., & Chamba, F. (2013). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 144 p.

CAPITULO VII.

ANEXOS

Anexo 1. Delineamiento del sitio experimental



Anexo 2. Distribución de los tratamientos estudiados

I	II	III
T1: Reposición al 20%	T3: Reposición al 60%	T4: Testigo
T2: Reposición al 40%	T4: Testigo	T3: Reposición al 60%
T3: Reposición al 60%	T2: Reposición al 40%	T1: Reposición al 20%
T4: Testigo	T1: Reposición al 20%	T2: Reposición al 40%

Anexo 3. Análisis de varianza del peso de la planta (g)

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor	
Tratamientos	70600.00	3	23533.33	0.67	0.5955	N.S.
Error	282224.67	8	35278.08			
Total	352824.67	11				

Anexo 4. Análisis de varianza del número de frutos por planta

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor	
Tratamientos	345.67	3	115.22	9.41	0.0053	**
Error	98.00	8	12.25			
Total	443.67	11				

Anexo 5. Análisis de varianza del peso del fruto (g)

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor	
Tratamientos	5748.67	3	1916.22	264.93	<0.0001	**
Error	57.86	8	7.23			
Total	5806.53	11				

Anexo 6. Análisis de varianza del diámetro del fruto

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor	
Tratamientos	73.79	3	24.60	58.33	<0.0001	**
Error	3.37	8	0.42			
Total	77.17	11				

Anexo 7. Análisis de varianza del rendimiento

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor	
Tratamientos	6881315104.17	3	2293771701.39	32.30	0.0001	**
Error	568164062.50	8	71020507.81			
Total	7449479166.67	11				



Anexo 8. Construcción de la cubierta



Anexo 9. Distribución de las plantas en el ensayo



Anexo 10. Floración del cultivo de pimiento



Anexo 11. Fructificación del cultivo de pimiento



Anexo 12. Enfermedad de pudrición apical en el pimiento



Anexo 13. Plaga araña roja en el pimiento



Anexo 14. Reposición de agua en el cultivo de pimiento



Anexo 15. Control manual de malezas



Anexo 16. Frutos cosechados



Anexo 17. Registro del peso de la planta (g)



Anexo 18. Culminación del Proyecto de Investigación