



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS

CARRERA AGROPECUARIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Agropecuario.

Proyecto de Investigación:

ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO DE
MAÍZ (*Zea mays* L.) VARIEDAD ADVANTA 9139.

Autor:

Parra Cruz Mario Gregorio

Director de proyecto de investigación:

Ing. Monge Freile Marlon Fernando. M.Sc.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Mario Gregorio Parra Cruz**, declaro que la investigación aquí descrita 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 documentó, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Mario Gregorio Parra Cruz

C.C. 2450367947



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. Marlon Fernando Monge Freile M.Sc., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Mario Gregorio Parra Cruz, realizó la Unidad de Integración Curricular: “estimación de las necesidades Hídricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad Advanta 9139”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Marlon Fernando Monge Freile M.Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

El suscrito, Ing. Marlon Fernando Monge Freile M.Sc., docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, como director certifico que el Trabajo de integración curricular del estudiante Mario Gregorio Parra Cruz, titulada: “estimación de las necesidades Hídricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad Advanta 9139”, fue ingresado a la herramienta informática URKUND producto del análisis se obtuvo una similitud de un 9 %, lo cual está considerado dentro de los parámetros aceptables que establecen el reglamento e instructivos del trabajo de integración curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.



Document Information

Analyzed document	TESIS PARRA CRUZ MARIO GREGORIO_URKUND.docx (D170616292)
Submitted	2023-06-15 05:07:00
Submitted by	
Submitter email	mario.parra2017@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	mmongef.uteq@analysis.orkund.com

Ing. Marlon Fernando Monge Freile M.Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Estimación de las necesidades Hídricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)
variedad Advanta 9139”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Diana Verónica Véliz, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcdo. Wilmer Humberto Santana M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Juan José Reyes Pérez, Ph.D.

MOCACHE – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor el docente Monge Freile Marlon M.Sc., Tutor del trabajo investigativo, quién siempre me motivó para concluir el proyecto y la realización del trabajo de tesis.

A los compañeros de aula con los que compartimos gratos momentos de aprendizaje y práctica aportaron con apoyo emocional e íntegro para cumplir y concluir los trabajos realizados.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y la Facultad de Ciencias Pecuarias y biológicas, por haberme otorgado la oportunidad de formarme como futuro profesional también a los docentes por su esmero de compartir ese valioso conocimiento, por la dedicación entregada en cada una de las clases.

Parra Cruz Mario Gregorio

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular se lo dedico principalmente y de la manera más grata a mi familia, por ese apoyo constante de ellos hizo que sea posible cumplir este objetivo. Por nunca perder la fé en mí y ayudarme en esta meta, es por esto que he puesto todo mi esfuerzo para culminar esta investigación con éxito.

A mis compañeros, que fueron desde el inicio una parte importante en mi carrera, por siempre ayudarnos mutuamente en cualquier momento, en apoyo incondicional, por siempre estar hasta el final.

Para finalizar este proyecto está dedicado a todas esas personas que me apoyaron en todo momento de mi estancia en la Universidad, aquellos que me brindaron su aporte de conocimientos para qué el presente trabajo sea culminado.

Parra Cruz Mario Gregorio

RESUMEN

La presente investigación estimó las necesidades hídricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedad Advanta 9139 en la función de la aplicación de distintas láminas de riego. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos de riego durante la estación seca (agosto-diciembre): T1 (40% ET_c), T2 (60% ET_c), T3 (80% ET_c) y T4 (100% ET_c). Los resultados muestran que la evapotranspiración acumulada en todo el periodo de estudio para el tratamiento (T4) fue de 522.66mm, seguido por el (T3) de 367.61mm. El método del tanque evaporímetro en comparación con el método de Penman-Monteith, difieren, siendo el método de Penman-Monteith el que obtuvo valores más cercanos a la realidad. Los valores del coeficiente del cultivo (K_c) en condiciones ideales en las distintas etapas oscilan de 1.10 a 2.12, que corresponde a etapa de desarrollo 1.15, etapa de floración 2.12 y la etapa final 1.10, estos valores no se asemejan a los valores de referencia dados por la FAO. En conclusión, se pudo conocer que los valores de K_c dado por la FAO están subestimado a la realidad.

Palabras claves: Balance hídrico, déficit hídrico, evapotranspiración.

ABSTRACT

The present investigation studied the water response of the corn crop (*Zea mays* L.), variety Advanta 9139 in function of the application of different irrigation layers. A randomized complete block design was used with four irrigation treatments during the dry season (August-December): T1 (40% ET_c), T2 (60% ET_c), T3 (80% ET_c) and T4 (100% ET_c). The results show that the accumulated evapotranspiration throughout the study period for the treatment (T4) was 522.66mm, followed by (T3) of 367.61mm. The method of the evaporimeter tank in comparison with the Penman-Monteith method, differ with registered values, which the Penman-Moteinh method was the closest to reality, being this method more similar to the direct method of the lysimeter. The crop ratio (K_c) values under ideal conditions in the different stages range from 1.10 to 2.12, which corresponds to a development stage of 1.15, a flowering stage of 2.12 and a final stage of 1.10, which does not resemble the reference values given by FAO. In conclusion it was possible to obtain that the values of K_c given by the FAO are overestimated to reality.

Keywords: Water balance, water deficit, evapotranspiration.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLÍN.....	xvi
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	4
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2. 1. Marco Teórico	7
2.1.1 El maíz.....	7
2.1.2 Genética del maíz	7
2.1.3 Evapotranspiración	7

2.1.4 Riego.....	8
2.2 Marco Conceptual	8
2.2.1 Origen y Distribución del maíz.	8
2.2.2 Generalidades del maíz.	9
2.2.3 Sistemas De Riego	10
2.2.4 Requerimiento Hídrico Del Maíz.....	10
2.2.5 Descripción Morfológica.	11
2.2.6. Ciclo del cultivo.....	12
2.2.7. Exigencias edafoclimáticas.....	13
2.2.8. Tipos de maíz.....	14
2.2.9. Medición del contenido de agua en el suelo	14
CAPÍTULO III.	16
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	16
3.1. Localización de la investigación.....	17
3.1.1. Condiciones agroclimáticas	17
3.2. Tipo de Investigación	17
3.4. Fuentes de información para la investigación.	18
3.5. Tratamientos evaluados en la investigación.	18
3.6. Diseño experimental y análisis estadístico	19
3.7. Instrumento de Investigación.....	19
3.7.1. Condiciones del maíz.....	19
3.7.2. Tratamiento de la semilla	20
3.7.3. Obtención de las plántulas	20
3.8. Manejo del experimento	20
3.8.1. Preparación del área experimental.....	20
3.8.2. Siembra.....	20
3.8.3. Control de maleza.....	21

3.8.4. Riego.....	21
3.8.5. Control fitosanitario.....	22
3.8.6. Fertilización.....	22
3.9. Variables para evaluar	23
3.9.1. Datos climáticos.	23
3.9.2. Evapotranspiración potencial (Eto)	23
3.9.3. Método Penman-Monteith.....	24
3.9.4. Método del tanque evaporímetro clase A	24
3.9.5. Método del lisímetro del drenaje	25
3.9.6. Coeficiente del cultivo (kc)	26
3.10. Recursos humanos y materiales.....	26
3.10.1. Talento humano	26
3.10.2. Materiales e insumos	26
CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Resultados.....	29
4.1.1. Temperatura	29
4.1.2. Humedad relativa	30
4.1.3. Velocidad del viento	31
4.1.4. Evapotranspiración del cultivo de maíz bajo condiciones óptimas (ETc).	31
4.1.5. Eficiencia de diferentes métodos de estimación de la evapotranspiración	33
4.1.6. Coeficiente del cultivo (Kc) del maíz.	34
4.2. Discusión	36
CAPÍTULO V.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. Conclusiones.....	40
5.2. Recomendaciones	40

CAPÍTULO VI	42
BIBLIOGRAFÍA	42
CAPÍTULO VII.....	47
ANEXOS	47
7. Anexos.	48

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Descripción taxonómica del cultivo de maíz.....	9
Tabla 2 Condiciones agroclimáticas del sitio experimental.....	17
Tabla 3 Descripción de los tratamientos estudiados.....	19
Tabla 4 Esquema del análisis de varianza usado en el estudio investigativo.....	19
Tabla 5 Descripción de características del sitio experimental.....	20
Tabla 6 Descripción del control de malezas en todo el ciclo vegetativo realizado en el proyecto investigativo.....	21
Tabla 7 Descripción de la programación de riego.....	22
Tabla 8 Descripción del control fitosanitario.....	22
Tabla 9 Descripción de la fertilización.....	23
Tabla 10 Descripción de los factores climáticos que son evaluados.....	23
Tabla 11 Coeficientes del tanque evaporímetro clase A (Ktan).....	25
Tabla 13 Valores de velocidad del viento y tensión de vapor de agua para la evapotranspiración del cultivo del maíz.....	31
Tabla 14 Evapotranspiración promedio semanal registrada por métodos evaluado.....	34

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Oscilación de la temperatura durante semana 8 a la semana 18 del cultivo de maíz	29
Figura 2 Oscilación de la humedad relativa durante semana 8 y semana 18 del cultivo de maíz.....	30
Figura 3 Lamina de riego al 100% de la evapotranspiración del cultivo del maíz usando el método del lisímetro de drenaje.....	32
Figura 4 Lamina de riego al 80% de la evapotranspiración usando el método del lisímetro de drenaje.	32
Figura 5 Evapotranspiración del cultivo del maíz usando el método del lisímetro de drenaje en las diferentes láminas de riego.	33
Figura 6 Métodos estudiados bajo riego al 100% de la ETc y la ETo	33
Figura 7 Coeficiente de cultivo al 100%	35
Figura 8 Coeficiente de cultivo al 80%	35

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) variedad Advanta 9139”		
Autor:	Parra Cruz Mario Gregorio		
Palabras clave:	Balance hídrico	Déficit hídrico	Evapotranspiración.
Fecha de publicación:			
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo		
Resumen:	La presente investigación estimó las necesidades hídricas del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.), variedad Advanta 9139 en la función de la aplicación de distintas láminas de riego. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos de riego durante la estación seca (agosto-diciembre): T1 (40% ETc), T2 (60% ETc), T3 (80% ETc) y T4 (100% ETc). Los resultados muestran que la evapotranspiración acumulada en todo el periodo de estudio para el tratamiento (T4) fue de 522.66mm, seguido por el (T3) de 367.61mm. El método del tanque evaporímetro en comparación con el método de Penman-Monteith, difieren, siendo el método de Penman-Moteinh el que obtuvo valores más cercanos a la realidad. Los valores del coeficiente del cultivo (Kc) en condiciones ideales en las distintas etapas oscilan de 1.10 a 2.12, que corresponde a etapa de desarrollo 1.15, etapa de floración 2.12 y la etapa final 1.10, estos valores no se asemejan a los valores de referencia dados por la FAO. En conclusión, se pudo conocer que los valores de Kc dado por la FAO están subestimado a la realidad.		
Abstract:	The present investigation studied the water response of the corn crop (<i>Zea mays</i> L.), variety Advanta 9139 in function of the application of different irrigation layers. A randomized complete block design was used with four irrigation treatments during the dry season (August-December): T1 (40% ETc), T2 (60% ETc), T3 (80% ETc) and T4 (100% ETc). The results show that the accumulated evapotranspiration throughout the study period for the treatment (T4) was 522.66mm, followed by (T3) of 367.61mm. The method of the evaporimeter tank in comparison with the Penman-Monteith method, differ with registered values, which the Penman-Moteinh method was the closest to reality, being this method more similar to the direct method of the lysimeter. The crop ratio (Kc) values under ideal conditions in the different stages range from 1.10 to 2.12, which corresponds to a development stage of 1.15, a flowering stage of 2.12 and a final stage of 1.10, which does not resemble the reference values given by FAO. In conclusion it was possible to obtain that the values of Kc given by the FAO are overestimated to reality.		
Descripción:	67 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD-ROM		
URI:			

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un grano globalmente diverso que puede ser utilizado en diferentes etapas del desarrollo de las plantas, contribuyendo así a la soberanía alimentaria animal y humana. En el desarrollo de la planta, las mazorcas jóvenes antes de la floración se pueden usar como verdura, y las mazorcas verdes se usan como una pasta blanda para los consumidores (InfroAgro, 2012).

El maíz es el cultivo de transición más importante en Ecuador, ya que es esencialmente un alimento para muchas poblaciones y un combustible alternativo para una producción económicamente estable. Los productores ecuatorianos cuentan con una amplia gama de híbridos comerciales de maíz nativo e importado que difieren en términos de costo de semilla, ciclo, granularidad y tecnología de integración, lo que se traduce en una mayor productividad (InfroAgro, 2012). En Ecuador, la mayoría de los cultivadores de esta gramínea tienen sus medios de vida limitados por factores climáticos. En invierno esta planta solo puede producir una cosecha ya que muy pocos agricultores cuentan con un sistema de riego, los agricultores que cuentan con sistemas de riego por goteo o aspersión pueden producir hasta tres veces al año (B, 2005).

La mayor fuente de agua para las plantas es el suelo, que retiene el agua durante la temporada lluviosa, contrario a la temporada seca donde el suelo retiene muy poca agua debido a las muy bajas precipitaciones. (Cenicaña, 2015) Las necesidades de agua de una planta dependen de su ciclo de desarrollo y la profundidad de la raíz. La labranza adecuada del suelo facilita el desarrollo de las raíces y mejora la absorción de los recursos del suelo utilizados por las plantas (InfroAgro, 2012).

En esta investigación se evaluó la estimación de las necesidades hídricas del cultivo de maíz, se hace evidente la necesidad e importancia de determinar estos parámetros como una herramienta para la aplicación eficiente del riego. Sin embargo, dado que existen múltiples métodos, como es el caso del método del tanque evaporímetro, el método Penman-Monteith y del lisímetro de drenaje, cada uno considerando los diferentes números de parámetros, con el fin de compararlos y evaluarlos. De esta manera, ayuda a seleccionar el método más eficiente y aplicable para las condiciones del entorno en el que se realizó la investigación.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Unos de los principales problemas en el cultivo de maíz sin riego, radican en que el productor puede solo sacar una cosecha al año y los pocos que poseen riego lo hacen de manera no controlada, es decir que en ocasiones le dan exceso de agua y en otras muy poca, el productor no considera la necesidad hídrica de la planta en la etapa inicial, desarrollo y fructificación en donde la planta requiere más agua para su desarrollo.

El desconocimiento de los diferentes métodos que ayude a la determinación de la cantidad de riego necesario al cultivo es una clara evidencia a la falta metodológica. Comúnmente los métodos más usados son: El método de tanque evaporímetro de clase A y de Penman – Monteith que son métodos indirectos, además del método de lisímetro de drenaje como un método directo de alta confiabilidad para la estimación de la evapotranspiración, por tal motivo hay que tener referencias de la confiabilidad de la aplicación de estos 2 métodos indirectos, al compararlo con la realidad mediante el método de lisímetro de drenaje, obteniendo así a la estimación real de las necesidades hídricas de los cultivos.

Diagnóstico.

Aun en nuestras zonas los productores que carecen de riego solo pueden cultivar el maíz una vez al año o máximo dos, durante la temporada lluviosa y aprovechando la humedad remanente del suelo en la temporada seca, además se observó que los agricultores que poseen sistemas de riego generalmente desconocen la cantidad de agua que requiere el cultivo es sus diferentes etapas, al no aplicarse el riego teniendo en cuenta la evapotranspiración de este, se estaría dando aplicaciones innecesarias e ineficiente que solo aumentaría el costo de producción.

Pronóstico.

En la presente investigación permitirá a los productores de maíz que realizan varias cosechas al año mediante sistemas de riego, conocer el requerimiento hídrico necesario en las diferentes etapas del cultivo de maíz, ya que se logrará conocer el método más eficiente que se ajuste a la zona del cultivo y se conocerá el coeficiente de cultivo “Kc” para la diferentes etapas fenológicas del cultivo, ya que establece los indicadores que corresponde a la demanda de agua, ayudando a la planificación y sistematización del riego ya que esto depende de la época y lugar donde se establezca el cultivo tomando en cuenta las condiciones atmosféricas.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cómo incide los bajos rendimientos del cultivo del maíz por la falta de tecnologías de riego?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Cuál será el efecto de la evapotranspiración del cultivo de maíz utilizando el método del lisímetro de drenaje?

¿Cuál será el efecto de los diferentes métodos de estimación de la evapotranspiración de referencia a través de la evapotranspiración del cultivo obtenida con el lisímetro de drenaje?

¿Qué respuestas tendrán los valores de coeficiente de cultivo (K_c) del maíz en las condiciones del experimento?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar los métodos de las necesidades hídricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer la evapotranspiración del cultivo de maíz bajo condiciones óptimas utilizando el método del lisímetro de drenaje.
- Estimar la eficiencia de diferentes métodos de estimación de la evapotranspiración de referencia a través de la evapotranspiración del cultivo obtenida con el lisímetro de drenaje.
- Determinar los valores de coeficiente de cultivo del maíz en condiciones óptimas.

1.3. Justificación

El cultivo de maíz es una de las principales fuentes de ingreso no petrolera en el Ecuador debido a su significativo rol de seguridad alimentaria de la población. Este cultivo tiene una mayor producción en la región litoral con una superficie aproximada sembrada de 300.000 ha, mayormente está concentrada en tres provincias como es el Guayas, Los Ríos y Manabí por tal actividad productiva se justifica el desarrollo de investigaciones que determinen las cantidades precisas del consumo de agua del cultivo de maíz, así como el método indirecto que mejor se ajuste a la zona de las provincia de Los Ríos, los métodos

indirectos a evaluar son: El método de tanque evaporímetro de clase A y de Penman – Monteith, mediante la comparación con el método directo del lisímetro de drenaje. Dando un aporte con información de referencia sobre la evapotranspiración de referencia del cultivo de maíz y el coeficiente de cultivo “Kc” para sus diferentes etapas fenológicas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2. 1. Marco conceptual

2.1.1 El maíz

El maíz es una especie central en la nutrición y cultura de Centroamérica, consideran al maíz como un elemento estratégico de autoabastecimiento y seguridad alimentaria en sus diversos campos de uso y valores socioculturales de los mexicanos, principalmente en las zonas rurales. Este grano fue domesticado y honrado en las culturas prehispánicas y sigue siendo un alimento básico en la dieta humana y animal (1).

2.1.2 Genética del maíz

El maíz es un cereal y la duración del ciclo de vida depende de la variedad y del ambiente, en la zona que siembra. El maíz no puede sobrevivir a temperaturas inferiores a 0 °C durante más de 6 a 8 horas después de que el punto de crecimiento está sobre el suelo (etapa de 5 a 7 hojas). Sin embargo, el daño por temperaturas bajo cero depende de la extensión de la temperatura por debajo de 0 °C y la condición del suelo donde se presenta los residuos, el movimiento del viento, la humedad relativa y la etapa de desarrollo de la planta todos estos parámetros serán especificado en los resultados de la investigación (2).

Los recursos genéticos son la fracción de la biodiversidad compuesta por las especies de valor actual o potencial que contribuyen al desarrollo sostenible, ya que enriquece la dieta alimentaria y constituyen la materia prima que permitirá, a la humanidad, hacer frente a desafíos de diferentes impactos ambientales como son las plagas, las sequías y los cambios climáticos de las distintas zonas del mundo (3).

Disponer de una amplia diversidad genética le permite a las especies responder, adaptarse, resistir o recuperarse de los cambios en su entorno. Además, brinda mayores probabilidades de éxito a los programas de mejoramiento genético, donde se obtienen variedades resistentes que se emplean en el manejo integrado de plagas (3).

2.1.3 Evapotranspiración

La evapotranspiración es la cantidad total de la evaporación de la superficie terrestre y la transpiración de las plantas. Puede definirse como el agua perdida en la atmósfera desde la corteza terrestre, la cual se evapora desde el borde capilar del nivel freático y la transpiración del agua subterránea por las raíces de las plantas en contacto a la franja

capilar del nivel freático. La transpiración de las plantas es un proceso casi invisible, ya que el agua se evapora de la superficie de la hoja (4).

2.1.4 Riego

El riego por aspersión consiste en regar el suelo simulando lluvia. Este efecto se logra a través de la presión a la que fluye el agua dentro del sistema de tuberías y es expulsada a través de las boquillas del rociador. Por lo general, la presión requerida se obtiene de una bomba hidráulica que extrae agua de un canal, río o pozo. Sin embargo, si la fuente de agua está más alta que el área a regar, el sistema también puede funcionar sin bomba. (5).

El riego es el proceso de proporcionar agua mediante una lluvia artificial a las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas. Los nutrientes también se pueden proporcionar a las plantas a través del riego. Las diferentes fuentes de agua para riego son pozos, estanques, lagos, canales, pozos entubados e incluso presas. El riego proporciona la humedad necesaria para el crecimiento y desarrollo, la germinación y otras funciones relacionadas a la formación vegetativa del cultivo (6).

2.1.5 Periodo de cultivo.

Es un periodo que va desde la siembra hasta el fin de la maduración y posterior cosecha, se divide en subperíodos vegetativos y reproductivos delimitados por las fases fenológicas que nos muestran el cumplimiento de distintas etapas en el desarrollo de la planta (7). Todas las plantas de maíz crecen igual. pero, el tiempo entre las etapas de crecimiento puede variar según la especie de maíz, su fecha de siembra, su ubicación, su altura de pie, etc (8).

2.2 Marco referencial

2.2.1 Origen y distribución del maíz

El maíz originalmente era nativo de un área limitada de México, pero las variedades más desarrolladas luego migraron a otras partes de América. Hoy en día, no hay duda de que el maíz se originó en el continente americano, pero los tratados antiguos y las Biblias no mencionan ninguno hecho de la especie quien la encontró, pero remontan al descubrimiento de América por Cristóbal Colón y el primer avistamiento de maíz en la isla de Cuba en octubre de 1492 (1).

2.2.2 Generalidades del maíz.

- **Taxonomía**

La clasificación taxonómica del maíz, según lo describe Cabrerizo (9) se muestra en la Tabla 1 seguido la descripción:

Tabla 1
Descripción taxonómica del cultivo de maíz.

Taxonomía	
Reino	Plantae
Clase	Liliopsida
Subclase	Monocotyledonae
Orden	Proles
Familia	Poaceae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>

La clasificación taxonómica del maíz es:

Nombres comunes: Maíz amarillo, duro, maíz de la costa.

- **Exigencia del maíz**

La temperatura y la luminosidad influyen directamente sobre el periodo vegetativo. Temperaturas inferiores a 13 °C hacen que el maíz tenga un crecimiento muy limitado y mayores de 29 °C, ocasionan marchitez por la dificultad para absorber agua (10).

En su ciclo vegetativo, los requerimientos hídricos no deben faltarle agua durante la germinación y la floración. En esta última etapa se presenta el máximo requerimiento de agua, o sea, 15 días antes de la floración hasta cuando la mazorca está completamente formada y llena. Una deficiencia en el aporte de agua y nutrientes en especial de los nitrogenados, unas tres semanas, que preceden a la liberación del polen, perjudicará el resultado de la cosecha de forma irreversible.

La demanda de agua de una planta describe la cantidad de agua en condición de volumen o lamina que debe compensarse para recuperar la pérdida de agua con evapotranspiración de cultivos y eficiencia del sistema de riego. La evapotranspiración del cultivo calculada con la fórmula correspondiente comienza con el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia corregida por el Kc, que depende del cultivo y la etapa estacional en

la que se desarrolla. Busque; por otro lado, la eficiencia de un sistema de riego depende del método de riego, como la gravedad o la presión (11).

2.2.3 *Sistemas de riego*

Para optimizar y utilizar de forma sostenible los recursos hídricos disponibles para el riego, las instalaciones destinadas al riego deben permitir la gestión del agua a través de estrategias de gestión adecuadas a cada situación. Este aspecto es crucial para hacer inversiones rentables en infraestructura para el cultivo en áreas irrigadas y para desarrollar políticas en mercados agrícolas (12).

La mecanización del riego implica la incorporación de técnicas y métodos cuantitativos y racionales que permitan un mejor manejo de esta importante práctica agrícola, sugiriendo el diseño a nivel de y programas de riego eficientes.(12).

- ***Riego por aspersión***

El riego por aspersión imita la lluvia regando el suelo. Este efecto se logra mediante la presión a medida que el agua fluye a través del sistema de tuberías y se descarga al exterior a través de las boquillas de los rociadores. La presión requerida generalmente se produce mediante una bomba hidráulica que extrae agua de un canal, río o pozo. Sin embargo, el sistema también puede funcionar sin bomba si la fuente de agua está más alta que la tierra a regar. (5).

El agua fluye a través de un sistema de tuberías hasta el emisor y se libera a la atmósfera. En las secciones de tubería, el flujo de agua se controla solo por consideraciones hidrodinámicas, pero la mayor parte del control del flujo de agua se pierde mientras viaja a través de la atmósfera. Los impactos climáticos son importantes para el diseño y la gestión de este sistema de riego (5).

2.2.4 *Requerimiento hídrico del maíz*

La presencia de humedad en el suelo es uno de los factores más importantes que afectan el desarrollo del maíz en términos de calidad y rendimiento. Los distintos parámetros del cultivo mencionados dependen en gran medida de cómo se planifique el riego en las distintas etapas estacionales del cultivo. Cuando la humedad es alta (cerca de la saturación), el rendimiento se ve afectado por la reducción del oxígeno disponible para las raíces. El otro extremo ocurre cuando hay poca humedad disponible, por lo que las

plantas usan grandes cantidades de energía para extraer la poca humedad disponible que las partículas del suelo retienen con fuerza (13).

2.2.5 Descripción morfológica

- **Hojas**

Las hojas del maíz son alargadas, ligeramente onduladas, salen alternas, tienen un aspecto rugoso en el borde de la hoja, nacen muy adheridas al tallo y aquí se desarrollan las mazorcas. Las hojas juegan un papel muy importante en el desarrollo y evolución de los cultivos. Dependiendo de cómo se cultive la planta de maíz, el tallo tiene de 12 a 24 hojas adheridas y peludas en racimos. Las puntas de las hojas son muy afiladas y cortadas (14).

- **Tallo**

El tallo es simple, erecto, muy largo, de hasta 4 m de altura, fuerte, no ramificado. La apariencia es similar a una caña, no tiene nudos y tiene un núcleo esponjoso en la sección transversal.

- **Raíz**

Puede alcanzar hasta 2 m de profundidad y extenderse en un diámetro de 1,2 m, dependiendo este desarrollo de las condiciones de cultivo. Según su apareamiento y estructura se reconocen tres clases de raíces:

- Raíces germinativas o temporales
- Raíces permanentes; que nutren a la planta
- Raíces adventicias: sirven de anclaje (15).

- **Inflorescencia**

La inflorescencia es masculina al final y se denomina panícula, panoja, espiga, compuesta por un eje central o axial y ramas laterales; a lo largo del eje central, los pares de floretes están distribuidos uniformemente y en las ramas en un arreglo pareado, y cada florete está protegido por dos brácteas o vainas, que a su vez contienen estambres pares; En cada flor que compone la flor, hay tres estambres, donde se desarrollan los granos de polen. (16).

Inflorescencias femeninas, en forma de maza, ubicadas en las yemas axilares de las hojas; Son flores cilíndricas que constan de una rama axial o central, donde los floretes están dispuestos en pares, cada uno de los cuales lleva dos flores femeninas, una reproductiva y otra caduca, las cuales están dispuestas en filas paralelas, la flor femenina tiene un ovario con pedúnculo, unido a los ejes, un patrón muy alargado con características de pistilo donde germinan los granos de polen. El 2-5% de la fertilización se logra por autopolinización, mientras que el 95-98% es por polinización cruzada.(15).

- ***Grano o semilla***

El grano o semilla del maíz es el fruto individual que da esta planta y científicamente se le denomina cariósipide.

- ***Importancia del cultivo de maíz***

El maíz ocupa el tercer lugar a escala mundial entre los cereales más cultivados, después del trigo y el arroz, ya que se encuentra difundido en más países que cualquier otro cultivo y ha producido el más alto rendimiento por unidad de superficie que cualquier otro cereal (17).

2.2.6. Ciclo del cultivo

El ciclo de cultivo de maíz está dividido en diferentes etapas, descritas a continuación:

- ***Nascencia***

Comprende el período que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de 6 a 8 días (10).

- ***Crecimiento***

Una vez nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15-20 días siguientes a la nascencia, la planta debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas (10).

- ***Floración***

A los 25-30 días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de éste. Transcurridas 4 a 6 semanas desde este momento se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos.

- ***Fructificación***

Con la fertilización del óvulo por el polen, comienza el proceso de fructificación. Una vez que se completa la fertilización, el patrón de la mazorca, comúnmente conocido como cerdas, cambiará de color a marrón. Pasada la tercera semana después de la polinización, las mazorcas alcanzan su tamaño definitivo, se forman las semillas y allí aparecen los embriones. Los cereales están llenos de madera, ricos en azúcar, que se convierte después de la quinta semana en almidón. (10).

- ***Maduración y secado***

Al final de la octava semana después de la polinización, las semillas alcanzan el máximo de materia seca, y entonces podemos considerar que las semillas han alcanzado la madurez fisiológica. Entonces suele ser alrededor del 35% de humedad. A medida que se pierde la humedad, la semilla alcanzará la madurez comercial, lo que la afecta más que las condiciones ambientales en términos de temperatura, humedad ambiental y otros factores, más que las características de la variedad. (10).

2.2.7. Exigencias edafoclimáticas

- ***Exigencia de clima.***

El maíz requiere una temperatura mínima de 25 a máxima de 30°C. Requiriendo la incidencia de luz natural específicamente en la etapa de secado ya que necesita la planta un clima cálido y en aquellos cultivos en clima húmedos su rendimiento es mas bajo ya que no tiene las condiciones óptimas para su desarrollo. Para que la semilla germine debe tener una temperatura entre el mínimo de 8 a máximo de 20°C. Para la etapa de fructificación se requiere una temperatura de 15 a máximo de 32 °C (18).

- **Pluviométrica**

En forma de lluvia el agua es dispersada por el terreno, estos son necesarios en periodos de crecimiento vegetativo con un contenido de 40 a 65 cm (18).

2.2.8. Tipos de maíz

Los tipos de maíz que fundamentalmente tenemos es explicado a continuación:

- Maíz dentado: grano en la parte superior adquiere la forma de diente,
- Maíz duro: son caracterizado por ser muy consistentes y la mazorca son de tamaño largo y delgado.
- Maíz blando y harinoso: son granos que al momento de completa madurez sigue estando blando, son de pequeño tamaño y otros gigantescos.
- Maíz dulce: es el más consumido ya que se puede enlatar o comer directo de la mazorca.
- Maíz reventón: son de tamaño pequeño y duro.
- Maíz envainado: son granos curiosos que se encuentra encerrado en una pequeña cascarilla aparte la cubre la mazorca.

2.2.9. Medición del contenido de agua en el suelo

- **Directo.**

El método más conocido es el gravimétrico, ya que se toman de diferentes partes del suelo la muestra con distintas profundidades usando un tubo de extracción de muestreo del suelo. Las distintas muestras son a profundidades de 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm y 45-60 cm. A continuación, formula:

$$Hs(\%) = \frac{P.S.H - P.S.S}{P.S.S} * 100$$

Donde:

Psh: peso extraído del suelo

Psh: peso seco

- **Indirecto**
- **Evapotranspiración**

Es la suma de la transpiración y evaporación, ya que el agua es evaporada en el terreno, dentro de estos métodos no existe uno para separarlo ya que tiene un proceso simultaneo englobando la evapotranspiración (19).

- **Evapotranspiración del cultivo (E_{Tc})**

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar es necesario saber el manejo del riego eficaz en la cual se adapta el volumen y frecuencia de riego que requerimos en el cultivo. En las medidas que se caracterizan la cobertura del suelo y resistencia aerodinámica corresponde al follaje (19).

- **Evapotranspiración de referencia (E_{To})**

Es el agua que se acumula en la extensión de un terreno cubriendo en su totalidad el cultivo, con una superficie de césped de 0,05 a 0,13 m. La evapotranspiración de referencia se la puede estimar de diferentes métodos en los cuales está el directo y el indirecto. Los directos son: método de lisímetro y método gravimétrico. Los indirectos son: el de Penman-Monteith y el Thomthwaite Blanney, son usados todos estos métodos por su complicitad, simplicidad y mayor exactitud en la aceptación (19).

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se llevó a cabo en el Campus Universitario La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, situada en el km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme, recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, con coordenadas geográficas 01°08'37" de latitud Sur y 79°50'22" de longitud, una altitud 73 msnm.

3.1.1. Condiciones agroclimáticas

El predio se encuentra en una zona climática tropical húmeda, con temperatura media anual de 24,87°C, precipitación 2223.85 mm año⁻¹; 85.48% de humedad relativa y 898.66 horas sol al año. El suelo presenta una topografía plana, textura franco-limosa con un pH promedio de 5.5.

Tabla 2

Condiciones agroclimáticas del sitio experimental.

Condiciones agroclimáticas	
Altitud	73 msnm
Temperatura °C	24.87 °C
Precipitación mm año	2223.85 mm año ⁻¹
Humedad relativa %	85.48%
Heliofanía horas/luz/año	898.66
Topografía	Regular

Fuente: INIAP (2)

3.2. Tipo de Investigación

Se realizó la investigación de tipo experimental, en la cual se manejaron distintos tratamientos representativos por las láminas de riego, con su afán de evaluar su efecto en la evapotranspiración del cultivo de referencial mediante distintos tipos de métodos y coeficiente del cultivo del maíz.

- ***Experimental.***

Se desarrolló la investigación de tipo experimental para evaluar cuál es la necesidad hídrica del cultivo de maíz, utilizando las láminas de riego como cálculo de evapotranspiración y coeficiente de cultivo.

3.3. Métodos de investigación

En el proceso de la investigación se usaron distintos métodos donde pudimos estimar las necesidades hídricas del maíz, los diferentes métodos usados en la investigación se detallan a continuación:

- ***Método inductivo***

Es la definición de los parámetros y variables evaluadas, de acuerdo con la investigación.

- ***Método deductivo***

Este método se logró fundamentar los valores específicos de coeficiente de cultivo y evapotranspiración del cultivo de maíz tanto en condiciones óptimas, como también el estrés hídrico al ser controlado en diferentes láminas de riego.

- ***Método analítico***

Con este método se realizó el análisis de datos obtenido en el campo, para su posterior interpretación de las distintas variables de respuestas dando una alineación a los objetivos del proyecto investigativo.

3.4. Fuentes de información para la investigación.

La información que se recopiló en este proyecto de investigación son las siguientes:

- Las fuentes primarias son las que están de registro directo de las variables de respuestas.
- Las fuentes secundarias son aquellas referencias obtenidas de libros, revistas científicas, publicaciones de artículos, manuales técnicos y demás fuentes verificadas.

3.5. Tratamientos evaluados en la investigación.

Se estudió en su totalidad cuatro tratamientos y tres repeticiones las cuales tres respectivamente son de láminas de riego contralada y una corresponde la lámina de riego al 100% de la evapotranspiración del cultivo. A continuación, en la Tabla 3 se describirán los tratamientos estudiados en la investigación:

Tabla 3*Descripción de los tratamientos estudiados.*

Nº	Tratamiento	Lámina de agua
1	T1	40% de la ETc
2	T2	60% de la ETc
3	T3	80% de la ETc
4	T4	100% de la ETc

3.6. Diseño experimental y análisis estadístico

Para el análisis de esta investigación se aplicó un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones, lo cual se consideró como la unidad de experimento. Con total de planta de 3156 plantas de maíz de la variedad de Advanta 9139, la cual se estableció 12 unidades experimentales, con un área de 81 m². en la cual tuvieron una distancia por parcela de 6 metros, también se estableció un marco de distancia entre planta de 80cm entre hilera y 20cm entre planta, con un total de 3156 unidades de ensayos.

La evapotranspiración del cultivo se tomó desde la semana 8 a la 18, se estudió el análisis de varianza para la identificación estadística. En la Tabla 4 se presenta las fórmulas de análisis de varianza usada en la ETc acumulada.

Tabla 4*Esquema del análisis de varianza usado en el estudio investigativo.*

Fuentes de variación	Fórmula	Grados de libertad
Tratamiento	$T - 1$	3
Bloques	$r - 1$	2
Error	$(r - 1)(t - 1)$	6
Total	$Tr - 1$	11

3.7. Instrumento de Investigación

3.7.1. Condiciones del maíz.

El maíz requiere un promedio de temperatura media de 14 °C a 18 °C y de 24 °C a 26 °C con exceso de aptitud agroclimática máxima. Requiere abundante de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C (20).

3.7.2. Tratamiento de la semilla

Se recomienda tratar la semilla de maíz antes de la siembra. La semilla se debe diluirse en 500 mL de agua para asegurar la buena impregnación para 100 Kg de semilla que se usaron de muestra para su evaluación (21).

3.7.3. Obtención de las plántulas

Dentro de las condiciones adecuadas de campo la semilla germina al absorber agua y el crecimiento empieza, durante los primeros días la semilla germinada entre 1 a 3 días. La raíz se desarrolla primero formando las raíces seminales, que son importante en las etapas iniciales de crecimiento vegetativo (22).

3.8. Manejo del experimento

3.8.1. Preparación del área experimental

Se llevó a cabo el ensayo, al proceder en el sitio experimental, describiendo las características en la siguiente Tabla 5:

Tabla 5

Descripción de características del sitio experimental.

Características	Descripción
Tamaño del lote	2016 m^2
Cantidad de plantas	3156
Plantas por unidad experimental	96
Distancia entre líneas de riego	80
Separación entre aspersores	6
Unidades experimentales	12
Numero de tratamientos	4
Numero de repeticiones	3
Área del tratamiento	81 m^2

3.8.2. Siembra

La siembra se empezó con la preparación del terreno, arado, cortada de la maleza, desinfección y encuadre del terreno, para posteriormente realizar la siembra de las semillas con las dimensiones de 20 centímetro entre planta y 80 centímetro entre las hileras. Al momento de sembrar se hizo agujeros de 1 a 2 centímetro de profundidad.

3.8.3. Control de maleza

Para el éxito del aprovechamiento de nutrientes en el suelo para la planta, unos de los controles son a través de la utilización de rotar cultivos que se adecuen a la zona donde se sembrara, adecuando abonos verdes como coberturas.

El control de maleza y oportuno es la clave para la aplicación exitosa del sistema para aumentar la eficiencia del cultivo se puede llevar a cabo de forma manual (labores culturales o mediante herbicidas que no afecten al cultivo (23). Se realizó la aplicación de herbicidas pre-emergente ante a la siembra. Realizando varias fumigaciones en toda el área de investigación sin afectar la germinación de la semilla. A continuación, se detallará los controles de malezas en todo el ciclo de la investigación en la Tabla 6:

Tabla 6

Descripción del control de malezas en todo el ciclo vegetativo realizado en el proyecto investigativo.

Edad del cultivo (semanas)	Herbicida 1	Herbicida 2	Dosis 1 (L ha ⁻¹)	Dosis 2 (L ha ⁻¹)
1	Antorch® SL (Glufosinato de amonio: 200g L ⁻¹)		2	-
5	Arrasador® SG (Glifosato de amonio: 200g L ⁻¹)		2	-
8		Control manual con moto guadaña	-	-
12	Antorch® SL (Glufosinato de amonio: 200g L ⁻¹)		2	-
16	Antorch® SL (Glufosinato de amonio: 200g L ⁻¹)		2	2

3.8.4. Riego

Se llevó un control de riego en el cultivo con el fin de que las plantas de maíz aprovechen el agua. Su metodología es por sistema de aspersión. Posteriormente a su siembra se procedió a regar todos los días en horas de la mañana hasta la semana 7 con el fin de que la planta se adapte al clima. A continuación, en la Tabla 7 se puede observar, la aplicación de riego a partir de la semana 8 de acuerdo con los tratamientos que se establecieron en la investigación, en función al balance hídrico de los lisímetros de drenaje.

Tabla 7*Descripción de la programación de riego.*

Tratamiento	Tiempo de riego (minutos)	Lamina de riego (mm)
T1: 40% de la ETc	1032	204.51
T2: 60% de la ETc	1548	306.76
T3: 80% de la ETc	2064	409.02
T4: 100% de la ETc	2580	511.27

3.8.5. Control fitosanitario

La descripción de aplicación de insecticidas es el control de plagas para generar un menor impacto al cultivo de maíz, se realizó la aplicación de estos fungicidas e insecticidas por ciclo de 3 4 semanas con rotación individual. A continuación, se detallará el fungicida e insecticida usado en el ensayo:

Tabla 8*Descripción del control fitosanitario.*

Edad del cultivo (semanas)	Fungicida	Insecticida	Dosis F (L ha ⁻¹)	Dosis I (L ha ⁻¹)
1	Manzate® 80 wp: (100 cm / 20L ⁻¹)	Goliath 600: (75 cm / 20L ⁻¹)	2	-
5	Manzate® 80 wp: (100 cm / 20L ⁻¹)	Goliath 600: (75 cm / 20L ⁻¹)	2	2
8	Manzate® 80 wp: (100 cm / 20L ⁻¹)	Goliath 600: (75 cm / 20L ⁻¹)	-	2
12	Manzate® 80 wp: (100 cm / 20L ⁻¹)	Goliath 600: (75 cm / 20L ⁻¹)	2	-
16	Manzate® 80 wp: (100 cm / 20L ⁻¹)	Goliath 600: (75 cm / 20L ⁻¹)	2	2

3.8.6. Fertilización

La fertilización juega un papel importante ya que la planta necesita nutrientes en cantidades grandes que son usados en el transcurso de la vida del cultivo. La mayor nutriente son el nitrógeno, fosforo y potasio. (NPK) La descripción de fertilización se detalla en la Tabla 9, se aplicó Fertison maíz 19-0-14-2-2 composición de nitrógeno 19%, potasio 14%, magnesio 2%, azufre 2%, cloruros 7-90% y urea al 46%.

Tabla 9*Descripción de la fertilización.*

Edad del cultivo (semanas)	Fertilizante 1	Fertilizante 2	Dosis Fertilizante 1 ($L\ ha^{-1}$)	Dosis Fertilizante 2 ($L\ ha^{-1}$)
2	Fertison maíz	Urea	30	-
4	Fertison maíz	Urea	-	30
6	Fertison maíz	Urea	-	30
8	Fertison maíz	Urea	60	-
13	Fertison maíz	Urea	-	60
16	Fertison maíz	Urea	100	-
18	Fertison maíz	Urea	-	100

3.9. Variables evaluadas

3.9.1. Datos climáticos.

Los datos climáticos usados en la investigación fueron dados por la Estación Meteorológica del INAMHI en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el km 5.5 de la vía Quevedo – El Empalme. La estación está ubicada a 1.5 km de distancia del lugar experimental, logrando obtener los datos que requiera la investigación que son los siguientes:

Tabla 10*Descripción de los factores climáticos que son evaluados.*

Datos climatológicos	Símbolo
Temperatura: media, máxima y mínima	(°C)
Humedad relativa: media, máxima y mínima	(%)
Velocidad del viento	($m\ s^{-1}$)
Precipitación diaria	(mm)
Hora luz	(horas/días)
Tensión de vapor de agua	(KPa)
Evaporación del tanque clase A	(mm/día)

3.9.2. Evapotranspiración potencial (Eto)

Para estimar la efectividad de los distintos métodos de estimación de la evapotranspiración referencial se usaron los métodos Penman-Monteith y el Tanque evaporímetro clase A. Los datos empleados para estos dos métodos indirectos fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP). Los datos recolectados de la evapotranspiración del cultivo fueron realizados en el sitio experimental obtenidos con el lisímetro de drenaje.

3.9.3. Método Penman-Monteith

De acuerdo con los datos climáticos que fueron dados por la estación experimental de Pichelingue se fundamentó la evapotranspiración potencial del cultivo (ET_o) del ensayo, utilizando la fórmula de Penman-Monteith. Se trabajó con datos de radiación solar diaria de acuerdo con el día que se tomó dato, temperatura (máxima, y mínima), humedad relativa (máxima y mínima), y velocidad de viento, para estimar la evapotranspiración de referencia.

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

Dónde:

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)
Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)
R_n: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹)
G: Flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹)
γ: Constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)
T: Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
u₂: Velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)
e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
e_a: Presión real de vapor (kPa)

3.9.4. Método del tanque evaporímetro clase A

Para la estimar la evapotranspiración potencial es usado el método del tanque evaporímetro clase A, en la cual los datos de lectura son del tanque (ET_{Tan}) y el coeficiente de este (KT_{Tan}). El valor del coeficiente del tanque (KT_{Tan}), se usaron los valores de la humedad media y velocidad del viento. La fórmula empleada para este método es la siguiente:

$$E_{to} = E_{tan} * K_{tan}$$

Donde:

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)
KT_{Tan}: coeficiente del tanque evaporímetro
ET_{Tan}: evaporación del tanque (mm día⁻¹)

Tabla 11*Coefficientes del tanque evaporímetro clase A (Ktan) ubicado en una superficie cultivada.*

Viento (m s⁻¹)	Distancia del cultivo a barlovento (m)	Húmeda relativa media (%)		
		Baja (<40)	Media (40-70)	Alta (>70)
Baja (< 2)	1	0.55	0.65	0.75
	10	0.65	0.75	0.85
	100	0.70	0.80	0.85
	1000	0.75	0.85	0.85
Moderado (2 – 5)	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.60	0.70	0.75
	100	0.65	0.75	0.80
	1000	0.70	0.80	0.80
Alta (5 – 8)	1	0.45	0.50	0.60
	10	0.55	0.60	0.65
	100	0.60	0.65	0.70
	1000	0.65	0.70	0.75
Muy alta (>8)	1	0.40	0.45	0.50
	10	0.45	0.55	0.60
	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.55	0.60	0.65

3.9.5. Método del lisímetro del drenaje

Para la determinación de evapotranspiración real se tomó los datos proporcionados por el lisímetro de drenaje, El lisímetro de drenaje es una herramienta utilizada para medir la cantidad de agua que drena de un cultivo en un determinado período de tiempo. Para esta investigación se tomaron datos tres días de la semana.

$$ET_c = R + P - D \pm \Delta SW$$

Dónde:

- R: Agua aportada por el riego (mm)
- P: Agua aportada por la precipitación (mm)
- D: Percolación profunda (mm)
- ΔSW : Variación de la humedad del suelo.

Se tomaron datos diarios de la humedad del suelo. Para ello se utilizó el equipo gravimétrico. Posteriormente, se estableció el porcentaje de humedad aplicando la siguiente fórmula:

3.9.6. Coeficiente del cultivo (Kc)

Para estimar el coeficiente cultivo (Kc), para ambos métodos se determinó la relación de evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración potencial aplicada. Usando la formula a continuación:

$$Etc = Eto * Kc \quad \rightarrow \quad Kc = \frac{Etc}{Eto}$$

Donde:

ETc: evapotranspiración del cultivo (mm dia^{-1})

Eto: evapotranspiración potencial o de referencia

Tabla 12

Coeficiente del cultivo de maíz según la FAO.

Edad del cultivo (Semanas)	Coeficiente del cultivo
1	0.40
2	0.40
3	0.40
4	0.40
5	0.80
6	0.80
7	0.80
8	0.80
9	0.80
10	1.15
11	1.15
12	1.15
13	1.15
14	1.15
15	0.70
16	0.70
17	0.70
18	0.70

3.10. Recursos humanos y materiales

3.10.1. Talento humano

- Autor del proyecto de investigación: Parra Cruz Mario Gregorio
- Tutor de la Unidad Integradora Curricular: Ing. Monge Freile Marlon.

3.10.2. Materiales e insumos

A continuación, se mencionan materiales, equipos e insumos usados en el ensayo:

- Semilla de maíz
- Materia orgánica

Materiales adicionales

- Balanza gramera
- Bomba de mochila
- Cinta métrica
- Cronómetro
- Estufa
- Lisímetro
- Manómetros
- Motobomba
- Tanque evaporímetro clase “A”
- Tanques
- Probetas

Materiales de oficina

- Calculadora
- Hojas
- Cuaderno de campo
- Esferos

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

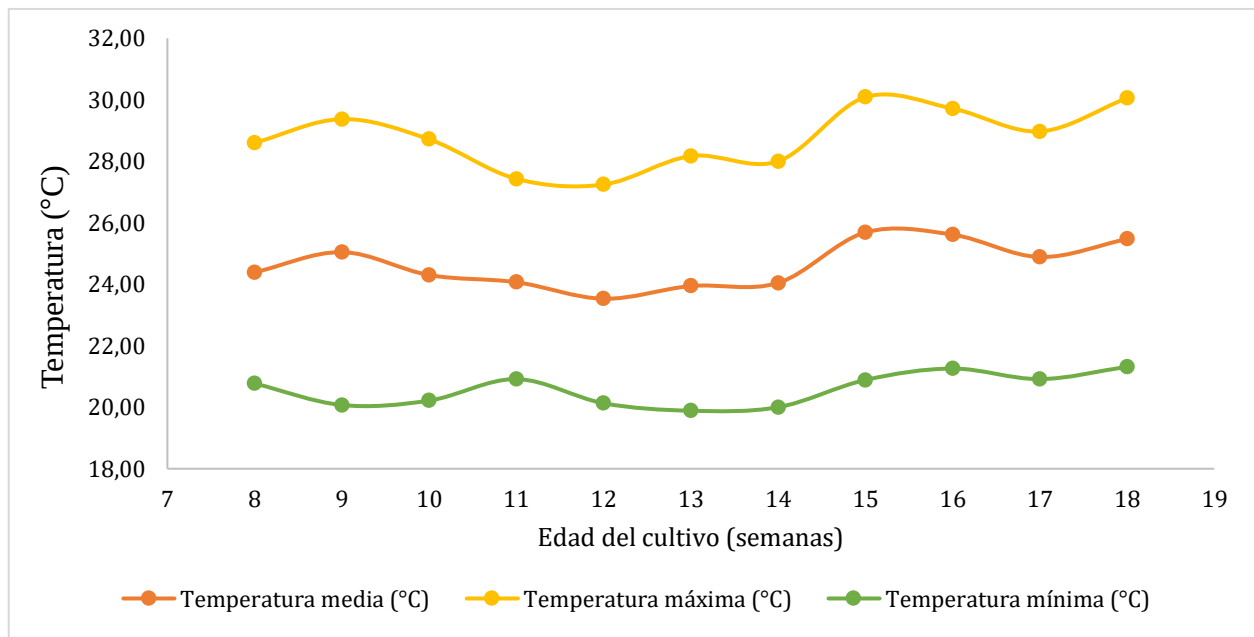
4.1.1. Temperatura

Los valores de temperatura están representando y registrados de la mínima, media y máxima a lo largo de las semanas de investigación del cultivo de maíz variedad Advanta 9139, se emplearon la determinación de evapotranspiración del cultivo (ET_c). Dando como resultado la temperatura máxima que va desde la semana 8 a la 18 que se terminó el ciclo productivo del cultivo. El estudio se oscilo entre 27.24 y 30.09 °C, demostrándose la cantidad más baja de temperatura máxima en la semana 12 de edad, en tanto que la cantidad mayor de temperatura máxima se la obtuvo en la semana 15 de la planta.

Los datos de temperatura mínima del estudio durante las semanas de apreciación del cultivo van entre 19.89 y 21.31 °C, evidenciándose la cantidad más baja de la temperatura mínima en la semana 13 de edad, mientras tanto la cantidad mayor de temperatura mínima es la semana 18. Los valores de temperatura media registrados durante las semanas evaluadas van de 23.53 y 25.69 °C, obteniéndose la más baja temperatura media en la semana 13 de edad, por lo tanto, mayor temperatura media se obtuvo en la semana 12 de edad del cultivo de la investigación. Se detalla todo lo descrito en la Figura 1.

Figura 1

Oscilación de la temperatura durante la semana 8 a la semana 18 del cultivo de maíz.



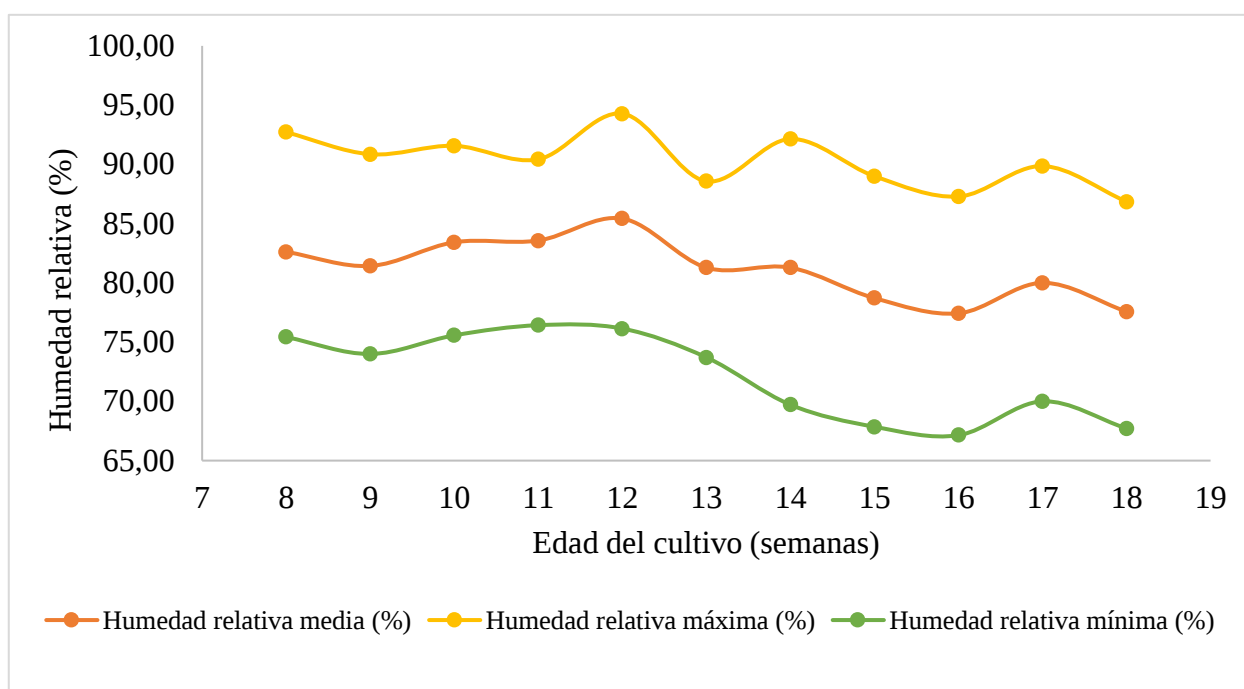
4.1.2. Humedad relativa

Los valores de humedad relativa están representando y registrados de la mínima, media y máxima a lo largo de las semanas de investigación del cultivo de maíz variedad Advanta 9139, se emplearon la determinación de evapotranspiración del cultivo (ETc). Dando como resultado la humedad relativa máxima que va desde la semana 8 a la 18 que se terminó el ciclo productivo del cultivo. El estudio se oscilo entre 86.86 y 94.29%, demostrándose la cantidad más baja de humedad relativa máxima en la semana 18 de edad, en tanto que la cantidad mayor de humedad relativa máxima se la obtuvo en la semana 12 de la planta.

Los datos de humedad relativa mínima del estudio durante las semanas de apreciación del cultivo van entre 67.14 y 76.43%, evidenciándose la cantidad más baja de la humedad relativa mínima en la semana 16 de edad, mientras tanto la cantidad mayor de humedad relativa mínima es la semana 11. Los datos de humedad relativa media registrados durante las semanas evaluadas van de 77.43 y 85.43%, obteniéndose la más baja humedad relativa media en la semana 16 de edad de cultivo, por lo tanto, mayor humedad relativa media se obtuvo en la semana 12 de edad del cultivo de la investigación. Se detalla todo lo descrito en la Figura 2:

Figura 2

Oscilación de la humedad relativa durante la semana 8 a la semana 18 del cultivo de maíz.



4.1.3. Velocidad del viento

Los valores de la velocidad del viento están presentados por un promedio semanal durante el tiempo de investigación, por lo tanto, la tensión de vapor de agua es registrada en el área con relación a la evapotranspiración del cultivo de maíz. Los datos de velocidad del viento durante el estudio se obtuvo una apreciación máxima de 1.20 m s^{-1} , en la semana 9. Los datos de velocidad del viento más bajo registrados fueron en la semana 17, con un promedio de 0.85 m s^{-1} . Los valores de tensión de vapor de agua oscilaron entre 22.90 y 25.33 KPa, por lo tanto, el valor mínimo corresponde a la semana 14 y el valor máximo corresponde a la semana 9 de edad del maíz variedad Advanta 9139.

Tabla 12

Valores de velocidad del viento y tensión de vapor de agua para la evapotranspiración del cultivo del maíz.

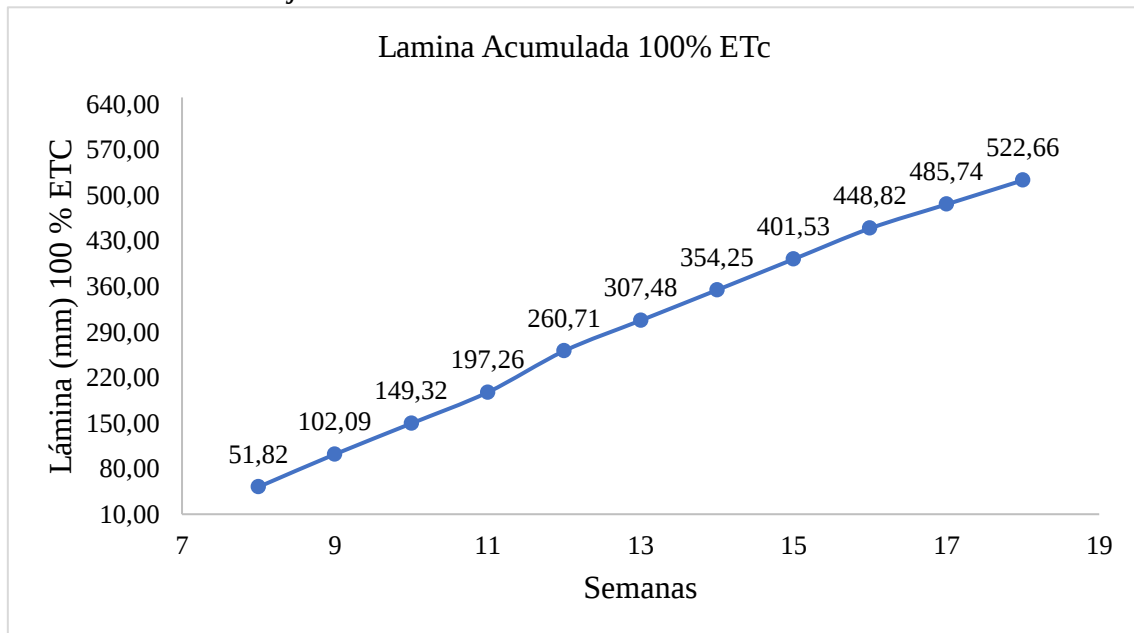
Semanas	Velocidad viento (m s^{-1})	Tensión de vapor de agua (Hpa)
8	0.98	24.77
9	1.20	25.33
10	0.99	24.63
11	0.99	24.38
12	1.02	24.14
13	1.07	23.50
14	0.94	22.90
15	1.04	24.80
16	1.11	24.54
17	0.85	24.44
18	1.08	24.69

4.1.4. Evapotranspiración del cultivo de maíz bajo condiciones óptimas (ETc) utilizando el método del lisímetro de drenaje.

En la Figura 3, se puede apreciar la evolución de la evapotranspiración del cultivo de maíz al 100% ETc en relación de edad en semanas del cultivo. Los registros se pudo identificar la evapotranspiración un aumento a medida que el cultivo avanzó en semanas y desarrollo vegetativo. La ETc acumulada tuvo un consumo de 51.82 mm en la semana 8 del cultivo y al término del ciclo del cultivo se obtuvo un ETc acumulada al final de 522.66 mm hasta la semana 18.

Figura 3

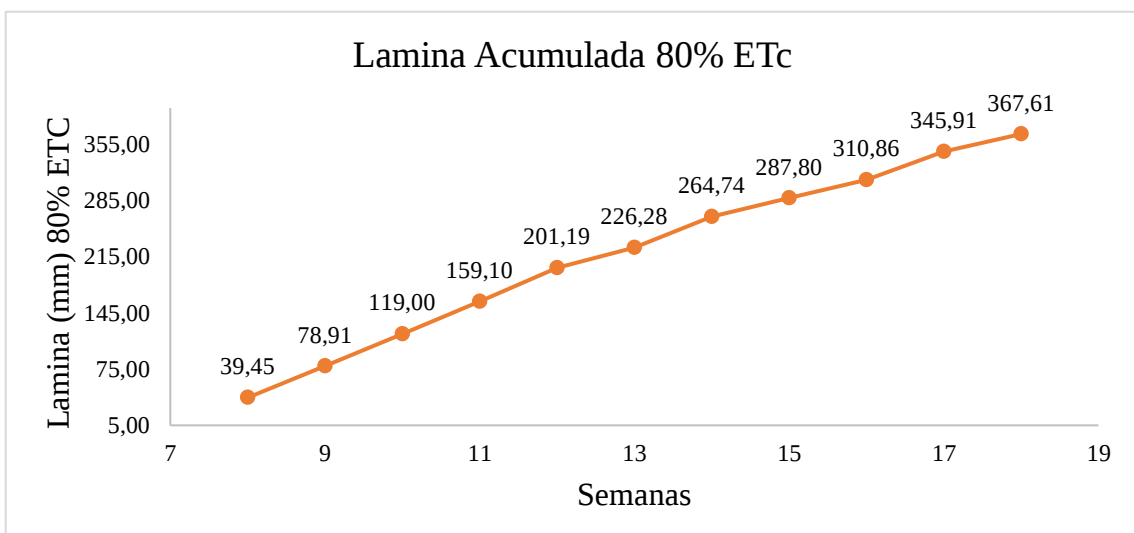
Lámina de riego al 100% de la evapotranspiración del cultivo del maíz usando el método del lisímetro de drenaje.



En la Figura 4, se pudo identificar la evapotranspiración del cultivo para el 80% de la ETc, este aumentó a medida que el cultivo avanzó en semanas y desarrollo vegetativo. La ETc acumulada tuvo un consumo de 39.45 mm en la semana 8 del cultivo y al terminar el ciclo del cultivo se obtuvo un ETc acumulada al final de 367.61 mm en la semana 18, bajo la lámina de riego al 80%de la ETc. aumento al cabo de la última semana de investigación.

Figura 4

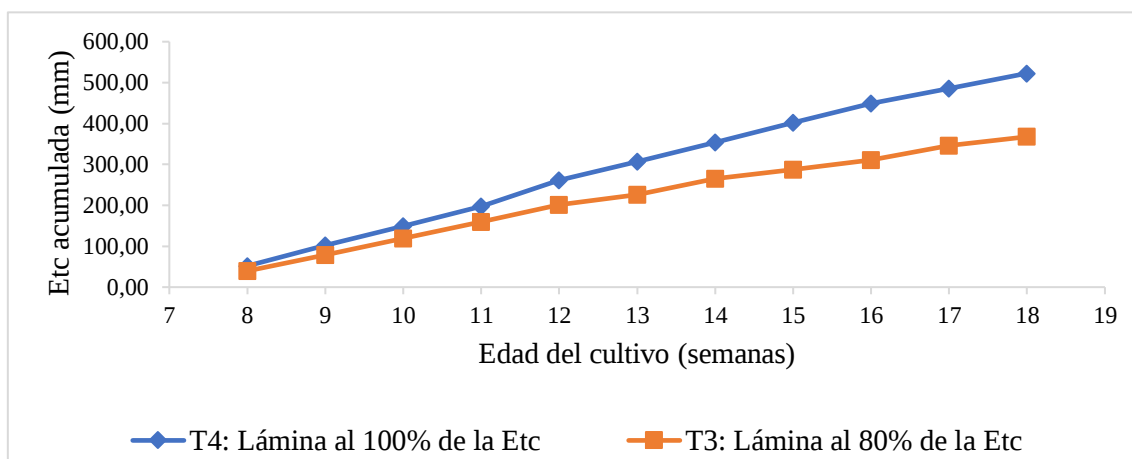
Lámina de riego al 80% de la evapotranspiración del cultivo del maíz usando el método del lisímetro de drenaje.



En la Figura 5, se demuestra la comparación del desarrollo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) acumulada a medida que avanzó en semanas y desarrollo vegetativo bajo los distintos tratamientos para la lámina de riego al 100 y 80% de la ETc.

Figura 5

Evapotranspiración del cultivo del maíz usando el método del lisímetro de drenaje en las diferentes láminas de riego.

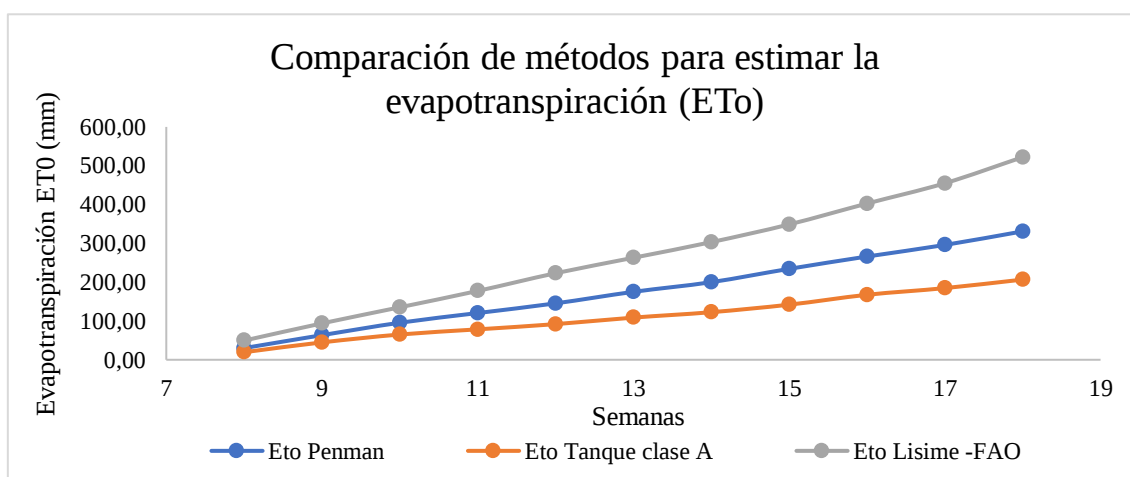


4.1.5. Eficiencia de diferentes métodos de estimación de la evapotranspiración de referencia (ETo) a través de la evapotranspiración del cultivo obtenida con el lisímetro de drenaje.

En la figura 6, es la comparación entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) del maíz de la variedad Advanta 9139 registrada con el método del tanque evaporímetro en comparación con el método de Penman-Monteith. En cada una de las semanas de la investigación se pudo diagnosticar el evidente aumento en el valor de la Eto con el método de Penman-Monteith, con la diferencia de datos dados por la FAO corresponde un incremento de evapotranspiración.

Figura 6

Métodos estudiados bajo riego al 100% de la ETc y la Eto.



En la Tabla 13 se comparan la ETc semanal dada por el método de tanque evaporímetro clase A y el método de Penman-Monteith. Los resultados del método de tanque evaporímetro clase A, fluctuaron entre 13.29 y 25.39, por otro lado, el método de Penman-Monteith, corresponde a valores entre 24.97 y 35.00 mm. Durante todas las semanas hubo diferencias totalmente significativas en relación con los tres métodos empleados. Dando como resultado más cercano a la realidad es el método de Penman-Monteith en comparación con el método directo de lisímetro.

Tabla 13

Evapotranspiración promedio semanal registrada por los métodos de evaluación en el cultivo de maíz.

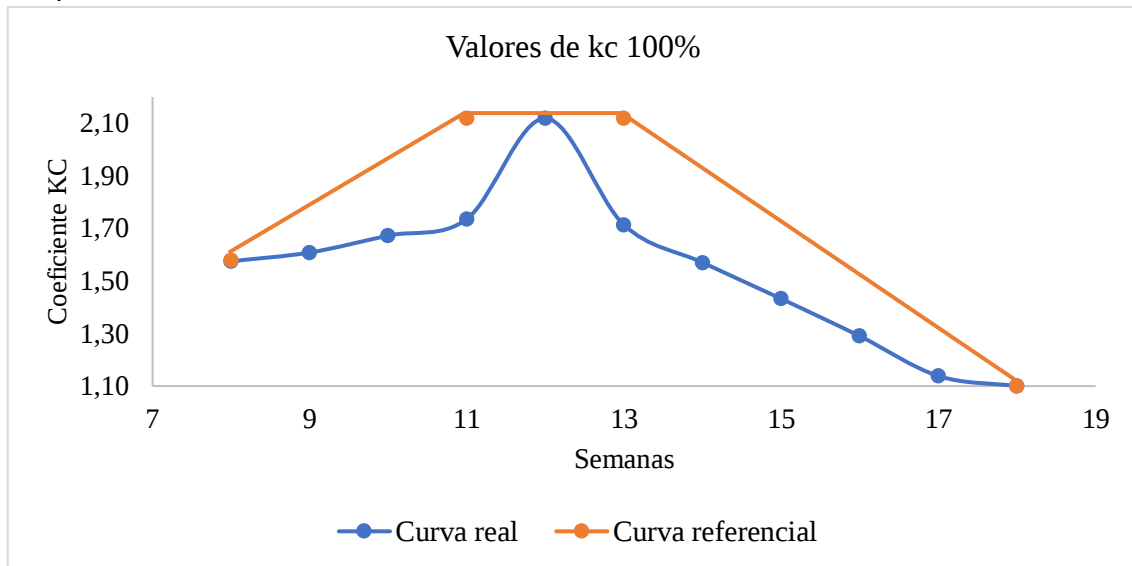
Semana	Eto Penman	Eto Tanque clase A	Eto Lisímetro -FAO
8	30,10	19,44	49,50
9	33,37	25,39	44,32
10	31,97	20,23	41,42
11	24,97	13,29	42,11
12	24,97	13,49	45,63
13	29,63	16,86	39,85
14	24,97	13,88	40,31
15	34,30	19,44	45,58
16	31,73	25,39	53,87
17	29,87	17,26	52,28
18	35,00	22,02	67,22

4.1.6. Coeficiente del cultivo (Kc) del maíz.

En la Figura 7, los valores del coeficiente del cultivo de maíz variedad Advanta 9139 en función de la edad de las plantas durante su periodo de investigación con lamina de riego al 100% se inició en la semana 8 con un coeficiente de cultivo de 1.58, mediante se fue desarrollando la planta llego alcanzar un coeficiente de cultivo de 2.12 en la semana 12, para luego disminuir en 1.10 en la semana 18 del cultivo.

El método de estudio usado difiere en los valores teóricos de referencia de coeficiente de cultivo de maíz dado por la FAO para condiciones óptimas en la que está al 100% la lámina. Como se puede apreciar en la figura 7 los datos de referencia de la FAO van 1.10 y 1.50, en las semanas 8 hasta las 18 semanas. Dando como evidencia que el método de Penman-Monteith tiende una tendencia similar a los valores reportado por la FAO, durante el periodo de investigación.

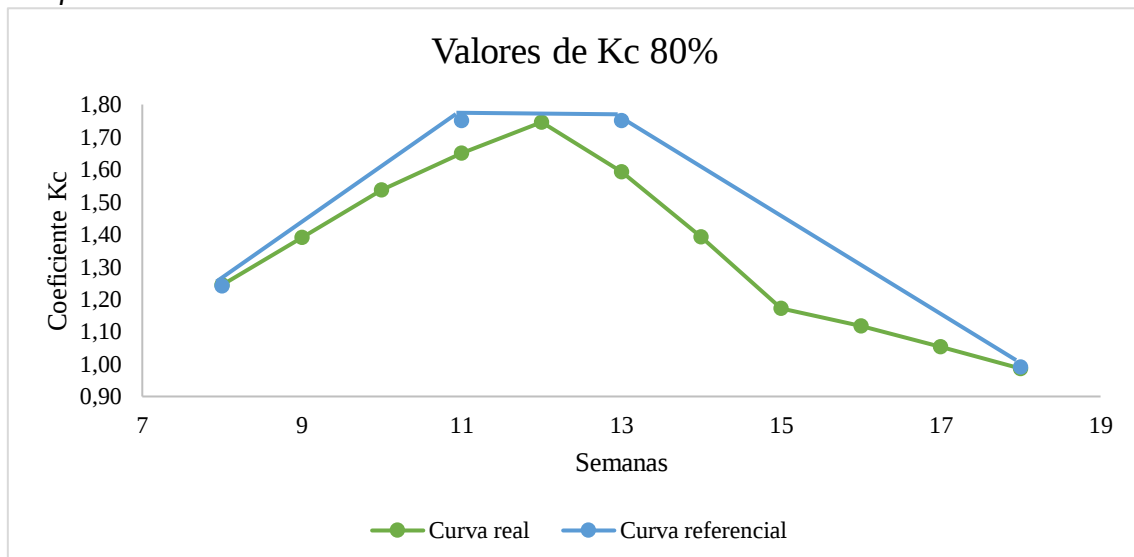
Figura 7
Coeficiente de cultivo al 100%.



En la Figura 8, los valores del coeficiente del cultivo de maíz variedad Advanta 9139 en función de la edad de las plantas durante su periodo de investigación con lamina de riego al 80% se inició en la semana 8 con un coeficiente de cultivo de 1.24, mediante se fue desarrollando la planta llego alcanzar un coeficiente de cultivo de 1.75 en la semana 12, para luego disminuir en 0.99 en la semana 18 del cultivo.

El método de estudio usado difiere en los valores teóricos de referencia de coeficiente de cultivo de maíz dado por la FAO para condiciones óptimas en la que está al 80% la lámina. Dando como evidencia que el método de Penman-Monteith tiende una tendencia similar a los valores reportado por la FAO, durante el periodo de investigación.

Figura 8
Coeficiente de cultivo al 80%.



4.2. Discusión

La evapotranspiración registrada en la lámina al 100% se obtuvo 522.66 mm a partir entre la semana 8 y 18 del ciclo del cultivo. Para la evaluación en la lámina de déficit al 80% se obtuvo 367.61 mm acumulada. Para llevar a cabo esta investigación es necesario tener en consideración los parámetros climáticos, la cual el factor de presencias de lluvias alteraría la estimación hídrica del cultivo. Para ello la mejor época de realización es la seca esto concuerda con Cuadra & García (24).

Al comparar los resultados de nuestra investigación con los de Gutiérrez (25), da resultado de 559.2 mm con el tratamiento de 110% de la lámina y lo obtenido en la investigación fue de 522.66 mm como evapotranspiración máxima, se puede concluir que la evapotranspiración acumulada del cultivo en los meses de agosto – diciembre se asemejan en la provincia de los ríos. Aumentando sistemáticamente desde la siembra de agosto hasta diciembre. Con los resultados de ambas investigaciones no existe diferencia mayor sino es mínima (25).

La caracterización de la evapotranspiración del cultivo acumulada y la dinámica del ciclo completo presentaron un déficit entre las láminas al 100% y 80% dando resultados de 522.66 mm y 367.61 mm respectivamente. Disminuyendo en función las condiciones de lámina de riego, esto se asemeja con los resultados de Zamora & Higinio (26), quien en el cultivo de maíz se puede comparar láminas de 100% y 85%. Con resultados de 605.20 y 492.25 mm respectivamente de cada lámina. La diferencia entre los resultados de las distintas investigaciones es por la zona climática ya que varía su temperatura, humedad y la presión de las lluvias, esto concuerda Zambrano (27).

La evapotranspiración de cultivo inicio en la semana 8 con 51.82 mm aumentando hasta la semana 18 con 522.66 mm evapotranspiración del cultivo acumulado. Estos resultados difieren de los obtenidos por Caicedo & Barragán (26) quienes evaluaron la estimación de evapotranspiración en los meses de agosto a diciembre con resultados de 446 mm de evapotranspiración de la zona.

La evapotranspiración que se registró en todo el tiempo de estudio con el método de lisímetro – FAO, se ubicó por encima de los valores del método de tanque evaporímetro clase A y el método de Penman-Monteith. Dando valores 49.50 mm promedio por semana llegando hasta 522.09 mm acumulada, corresponde al método de lisímetro directo, el

método de Penman-Monteith da valores de 30.10mm promedio por semana llegando a 330.87mm acumulada y el método evaporímetro tanque clase A con promedio semanal de 19.44 mm llegando a evapotranspiración acumulada de 206.66 mm. Dando que el método indirecto Penman-Monteith es el más cercano a la realidad. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Toro & Arteaga (28), quienes evaluaron distintos métodos de estimación de necesidades hídrica en el cultivo, donde se apreció que el valor 450.80mm está cercano al valor del método del lisímetro.

La estimación de las necesidades hídricas que necesita la planta es dada con la precisión de evapotranspiración de referencia permitiendo obtener valores más preciso del cultivo (29). Con la ayuda de la evapotranspiración de referencia permite planificar la gestión de los recursos hídricos, planificación de operación de periódica de riego y entre otras (24). En este estudio se analizó la evapotranspiración de referencia dando que en todas las semanas de investigación los valores de tanque evaporímetro fueron de medidas bajas y los valores del método de Penman-Monteith fueron medidas medias a los dos métodos ya mencionado. En comparación con el método de lisímetro el que tuvo más acercamiento de resultados fue el método de Penman-Monteith, registrando parámetros climáticos más certeros al método directo que es el lisímetro.

En investigaciones como la de Simbaña (30), desarrolladas en la misma zona de la presente investigación, determinaron los coeficientes de consumo “Kc” para el cultivo de banano hallándose valores superiores a las recomendadas por la FAO, siendo estos de 0.52 y 2.31 por el método de tanque evaporímetro clase A y con el método de Penman-Monteith fluctuaron entre 0.4 y 1.77 evidenciados una tendencia similar lo reportado por la FAO, de tal manera se fue incrementando gradualmente en el tiempo de estudio.

Los valores del coeficiente del cultivo “Kc” recomendados por la FAO para el cultivo de maíz son en la etapa inicial de 0.40, etapa de desarrollo 0.80, etapa de floración 1.15 y etapa final de 0.70 y los hallados en esta investigación fueron, en etapa de crecimiento el coeficiente de cultivo va de 1.15, etapa de media de desarrolló 1,50, la etapa de floración 2.12 y la etapa de maduración fisiológica es de 1.10 finalizo el ciclo de la planta. Estos valores corresponden a la lámina de riego al 100%. Los valores de fluctuación del cultivo de maíz van desde los 1.10 hasta los 2.12.

La evaluación del Kc en la lámina al 80% en la etapa desarrolló 1.24, la etapa de floración 1.75 y la etapa de maduración fisiológica es de 0.99 finalizó el ciclo de la planta. Los valores de fluctuación del cultivo de maíz van desde los 0.99 hasta los 1.75.

Los datos obtenidos del coeficiente de cultivo del maíz son de 1.15 hasta 2.12 estos datos se asemejan a los obtenidos por Ibáñez (31), que van en la etapa de desarrollo de 1.16, etapa de floración 2.30 y etapa de madurez 0.90. Similares a los datos obtenidos de la investigación del cultivo de maíz.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con la variedad Advanta 9139 se halló la evapotranspiración del cultivo acumulada de 522.66, en el transcurso total de ciclo vegetativo de 18 semanas de análisis bajo las condiciones óptimas, por otro lado, se obtuvo una disminución hídrica de la evapotranspiración con la lámina al 80% de 499.34mm total durante toda la investigación.
- Se logró identificar que el método más eficaz para estimar la evapotranspiración de referencia es el método de Penman-Monteith ya que se ajusta a las distintas condiciones climatológicas de la zona de investigación y con datos similares con el lisímetro de drenaje de nuestra investigación.
- En el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con la variedad Advanta 9139 se determinó el coeficiente del cultivo en condiciones óptimas dando como resultado 1.15 en la etapa de desarrollo, luego 2.12 en la etapa de floración y por último 1.10 en la etapa de madurez, siendo estos datos mayores a los de referencia de la FAO de 0.60 desarrollo, 1.15 floración y madurez y 0.40 final del ciclo vegetativo.

5.2. Recomendaciones

- Utiliza métodos confiables para medir y calcular la evapotranspiración del cultivo. Puedes utilizar estaciones meteorológicas, como estaciones de evapotranspiración de referencia (ET_o), y ajustar estos valores utilizando el coeficiente de cultivo (K_c) correspondiente a cada etapa de crecimiento del cultivo. Esto te permitirá obtener estimaciones más precisas de la ET_c.
- Considerar el uso de los datos proporcionados por esta investigación como el coeficiente de cultivo del maíz que permitirán dar un mejor manejo de las necesidades hídricas de la planta, con el fin de dar la cantidad necesaria sin exceso de humedad.

- Contemplar el uso del método de Penman-Monteith para la estimación indirecta de la evapotranspiración ya que fue el más acercado a los datos del lisímetro detallado de la investigación.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía

1. González-Cortés N, Silos-Espino H, Carlos Estrada Cabral J, Archivaldo Chávez-Muñoz J, Tejero Jiménez L. Characteristics and properties of maize (*Zea mays* L.) Grown in native Aguascalientes, Mexico. 2016.
2. Ambiente DDEM, Conjunta R, Comité DEL, Químicos DEP, Inglés O. Env/jm/mono (2003)11. 2003;(27).
3. Arias Vargas Y, González Marquetti I, Miranda Cabrera I, Fernández Granda L, Delgadon Oramas BP. Diversidad genética en maíz (*Zea mays* L.) Procedente de Pinar del Río y Guantánamo, Cuba, mediante el empleo de RAPD. Rev Prot Veg. 2018; 33 (1):1–9.
4. Cisneros Zayas E, Rey García R, Martínez Varona R, López Seijas T, González Robaina F. Evapotranspiración y coeficientes de cultivo para el cafeto en la provincia de Pinar del Río. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2015; 24 (2):23–30.
5. Ramos R. M, Báez R. D. Diseño Y Construcción De Un Sistema De Riego Por Aspersión En Una Parcela Demostrativa En El Cantón Cevallos. 2013; 53–5.
6. Roberto Vinicio Valencia Medina. El sistema de riego y la incidencia en la productividad agrícola de las comunidades de Cochatuco y Llullucha, parroquia Angamarca, cantón Pujili, provincia de Cotopaxi. 2015.
7. Wilches Flórez ÁM. Biocombustibles: ¿son realmente amigables con el medio ambiente? Revista Colombiana de Bioética. 2015; 6(1):89.
8. Carlos Yáñez, José Zambrano, Marlon Caicedo, Jorge Heredia. Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras guía No. 96. 2013.

9. Leonardo E, Ruiz R. Autor: directores : 2019;
10. Masaquiza J. Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays*) en relación con la aplicación de bio degradantes en el sector La Isla, cantón Cumandá. 2016; 83.
11. Vicente L, Agila Y, Marco I, Acaro R. Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado. 2018.
12. Espinosa B, Flores H, Ascencio R, Carrillo G. Diseño de un sistema de riego hidrante parcelario con los métodos por Turnos y Clement: análisis técnico y económico. Terra Latinoamericana. 2016; 34(4):431–40.
13. Sifuentes Ernesto. Los requerimientos hídricos del maíz – Panorama Agropecuario. 2018; 0–9.
14. Adolfo G, Moreno L. Jaiver Danilo. 2012; 65 (26):6579–83.
15. Badillo Herrera AE. Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad INIAP 122, en dosis diferentes, en la parroquia Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo, provincia Pichincha. 2016. 91 p.
16. Guamán Guamán RN, Desiderio Vera TX, Villavicencio Abril ÁF, Ulloa Cortázar SM, Romero Salguero EJ. Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Utilizando cuatro híbridos. Vol. 7, Siembra. 2020. P. 047–56.
17. Reichert R. Reseña. Investigaciones de Historia Económica. 2012; 8(1):53–4.
18. Raúl Izquierdo Bonilla. Evaluación del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe - Ecuador; 2012.

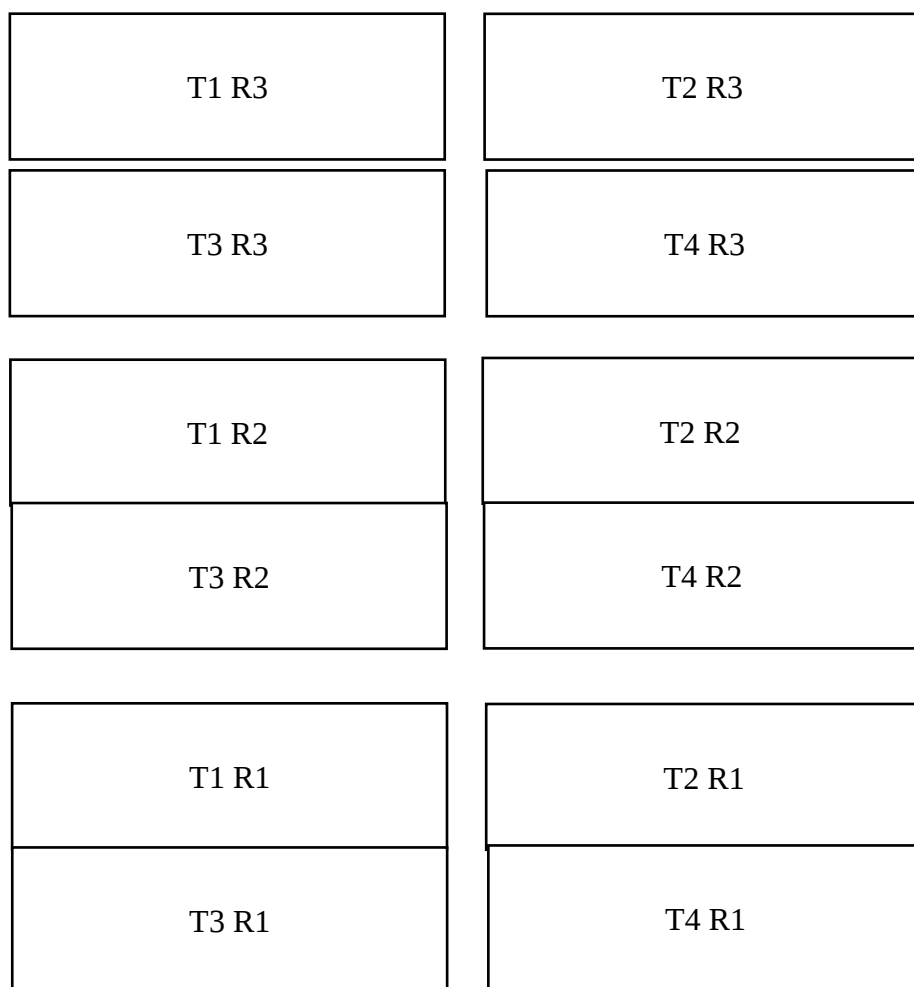
19. Santana Pérez LM, Manuel J, Abreu H. Evapotranspiración Penman-Monteith [Internet]. 2008. Available from: <http://www.agrocabildo.com>
20. Benjamín Franklin. Aptitud agroclimática del maíz en México. 2019;1–18.
21. Dourado Neto D, Newton Martin T, Pavinato PS, Russi Nunes U, Dos O, Escobar S, et al. EL TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE MAÍZ CON MICRONUTRIENTES AUMENTA EL RENDIMIENTO DE GRANO 1. Revista Caatinga [Internet]. 2015;(3):86–92. Available from: <http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>
22. Zambrano JL, Velásquez J, Peñaherrera D, Sangoquiza C, Cartagena Y, Villacrés E, et al. Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana Quito-Ecuador. 2021.
23. INIAP. Control de malezas en maíz del litoral. Ecuador - Portoviejo; 2015.
24. ASESORES Álvaro Benavides González Henry Alberto Duarte Canales Juan Carlos Morán Centeno A, Francisco Cuadra Aguilera Br Donald Uriel García Ramos B. Evaluación de tres láminas de riego por goteo y dosis de biofertilizante EM-5 (Sutocho) sobre el crecimiento, desarrollo y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill)). 2016.
25. Bernal Gutiérrez AE, Cristina A, Espinosa C, Soler MH. Evaluación de las condiciones agroclimáticas del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) En la provincia los rios assessing the agroclimatic conditions for maize (*Zea Mays* L. Crop in los rios province, ecuador [Internet]. Available from: <http://biotecnia.unison.mx>
26. Zamora-Salgado S, Higinio Ruiz-Espinoza F, Beltrán-Morales A, Fenech-Larios L, Murillo-Amador B, Loya-Ramírez JG, et al. Water regime of corn in a dry area,

- in particular rates of evaporatio. Vol. 13, Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2011.
27. Zambrano Luis. Tips suelos estructura del suelo. 2016;
 28. Toro-Trujillo AM, Arteaga-Ramírez R, Alberto Vázquez-Peña M, Alicia Ibáñez-Castillo L. Modelos para estimar la evapotranspiración de referencia en la zona norte bananera de urabá antioqueño (colombia) estimation models for the reference evapotranspiration value in the northern banana zone of antioquian uraba (colombia). Vol. 49, Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia. 2015.
 29. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, de Moraes Gonçalves JL. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. Theor Appl Climatol. 2013 Aug 1;113 (3–4):407
 30. Belén Estefanía Simbaña Cifuentes. Respuesta hídrica del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams. Quevedo; 2022.

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos 1 Distribución del área experimental



Área experimental

7.2. Anexo 2 Manejo del experimento

Fotografía 1

Preparación del suelo.



Fotografía 2

Riego durante las 7 primeras semanas sin control.



Fotografía 3

Uso de instrumento peachímetro.



Fotografía 4

Toma de datos en el campo de estudio investigativo.



Fotografía 5
Control de maleza.



Fotografía 6
Producto del sitio experimental.

