



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



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter  
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Determinación del requerimiento hídrico de los cultivos de maíz (*Zea  
maíz L.*), pimiento (*Capsicum annuum L.*) y soya (*Glycine max L.*) en la  
zona de Babahoyo provincia de Los Ríos”

**AUTOR:**

Wilmer Edinson Montero Zúñiga

**TUTOR:**

Ing. Agr. Marlon Pazos, MSc.

Babahoyo- Los Ríos - Ecuador

2022

## DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado:

Principalmente a Dios quien ha sido mi guía, por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, me ha dado la fortaleza para poderme permitir el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, abuela, Tías, hermanas, Enamorada por ser los pilares fundamentales en mi vida y siempre brindarme su amor, paciencia y apoyo incondicional tanto de la manera moral y económicamente de tal manera que nunca me dejaron que me rinda lo que me ha permitido poder cumplir una meta muy importante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por protegerme y darme salud, fuerzas y valor para poder culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi familia por estar siempre apoyándome, aconsejándome y brindándome todo su cariño y confianza

A mis catedráticos que siempre estaban presentes brindándonos su apoyo, enseñanzas y cariño, como tal compartiéndonos sus mejores conocimientos para ser buenos profesionales y a las autoridades y personal que conforman la Universidad Técnica de Babahoyo por mantener una buena y excelente educación.

## RESUMEN

El maíz consume alrededor de 500 mm a 700 mm de lluvia bien distribuida a lo largo de la temporada de crecimiento; pero, incluso esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no se puede guardar dentro del suelo, debido a la intensidad del suelo poco profundo o la escorrentía, o si la demanda de evaporación es simplemente demasiado notable debido a las altas temperaturas y la humedad relativa. Las necesidades de agua para una producción potencial de plantas de pimiento están entre 600 y 1 250 mm según el año. Los pimientos son sensibles a la presión del agua, tanto por exceso como por defecto de humedad. El consumo de agua de 454 mm con un máximo de 7,6 mm día<sup>-1</sup>. El tiempo entre la producción de biomasa y el consumo de agua está entre 1,2 y 1,6 kg m<sup>3</sup>, y se ha localizado además una mayor productividad del agua en algunos componentes del mundo. Dependiendo del clima, el suelo, el cultivar y las prácticas de control del cultivo, la evapotranspiración de la soya puede oscilar entre 300 mm y 800 mm. La ET acumulada depende del número de días entre la emergencia y la edad adulta fisiológica (estado R7) y la última fecha depende de la institución adulta (GM) elegida. La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre la importancia del requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos. Por lo anteriormente detallado se determinó que la necesidad de agua del cultivo representa el volumen de agua que se necesita para compensar la pérdida de evapotranspiración del cultivo. Para un correcto control del riego y un ahorro económico de agua, es esencial una correcta estimación de las necesidades de agua del cultivo. La evapotranspiración de referencia (ET<sub>O</sub>) y el coeficiente de cultivo (K<sub>C</sub>) surgen como uno de los elementos clave para estimar las necesidades de agua de los cultivos.

**Palabras claves:** Requerimiento hídrico, maíz, pimiento, soya, evapotranspiración.

## SUMMARY

Corn consumes about 500 mm to 700 mm of rainfall well distributed throughout the growing season; but, even that amount of rainfall is not enough if moisture cannot be stored within the soil, due to shallow soil intensity or runoff, or if evaporation demand is simply too noticeable due to high temperatures and relative humidity. Water requirements for a potential production of bell pepper plants are between 600 and 1 250 mm depending on the year. Peppers are sensitive to water stress, both due to excess and insufficient humidity. Water consumption is 454 mm with a maximum of 7.6 mm day<sup>-1</sup>. The time between biomass production and water consumption is between 1.2 and 1.6 kg m<sup>3</sup>, and higher water productivity has also been located in some components of the world. Depending on climate, soil, cultivar, and crop control practices, soybean evapotranspiration can range from 300 mm to 800 mm. The accumulated ET depends on the number of days between emergence and physiological adulthood (R7 stage) and the last date depends on the adult institution (GM) chosen. The information obtained was carried out through the technique of analysis, synthesis and summary, with the purpose of informing the reader about the importance of the water requirement of corn, bell pepper and soybean crops in the area of Babahoyo, province of Los Ríos. From the above, it was determined that the water requirement of the crop represents the volume of water needed to compensate the evapotranspiration loss of the crop. For proper irrigation control and economic water savings, a correct estimation of crop water requirements is essential. The reference evapotranspiration (ETO) and the crop coefficient (KC) emerge as one of the key elements to estimate crop water requirements.

**Key words:** water requirement, corn, bell pepper, soybean, evapotranspiration.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1 .....	2
MARCO METODOLÓGICO .....	2
1.1. Definición del tema caso de estudio .....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación .....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Fundamentación teórica.....	3
1.5.1. Importancia del agua en los cultivos .....	3
1.5.2. Requerimiento hídrico del cultivo de maíz .....	5
1.5.3. Requerimiento hídrico del cultivo de pimiento.....	8
1.5.4. Requerimiento hídrico del cultivo de soya.....	9
1.5.5. Parámetros para determinar el requerimiento hídrico de los cultivos	11
1.5.5.1. Evaporación .....	12
1.5.5.2. Transpiración.....	13
1.5.5.3. Evapotranspiración.....	13
1.5.5.4. Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ) .....	14
1.5.5.5. Evapotranspiración del cultivo (ET <sub>c</sub> ) .....	14
1.5.5.6. Coeficiente de cultivo (K <sub>c</sub> ) .....	14
1.6. Hipótesis .....	15
1.7. Metodología de la investigación .....	15
CAPITULO II.....	16
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1. Desarrollo del caso .....	16
2.2. Situaciones detectadas (hallazgos).....	16
2.3. Soluciones planteadas .....	17
2.4. Conclusiones .....	17

2.5. Recomendaciones (propuestas para mejorar el caso) .....	17
BIBLIOGRAFÍA .....	19

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coeficiente teórico del cultivo de pimiento, maíz y soya.....	14
---	----



## INTRODUCCIÓN

Se considera que el agua para el riego es un recurso limitado de forma cuantitativa y cualitativamente debido al crecimiento acelerado de las demandas para uso agrícola, doméstico e industrial, en la cual es necesario el uso racional de la misma, debiendo ser utilizada de manera eficiente, utilizando sistemas de riego programados y adecuados. La importancia de un riego eficiente se define como aquel capaz de mantener la humedad del suelo dentro de límites apropiados, aquello va a estar en dependencia de las características propias de los cultivos, las condiciones climáticas, manejo y lugar de desarrollo, expresándose a través de la evapotranspiración de los cultivos (Ibáñez 2016).

La escasez del recurso agua para la agricultura ha provocado una gran necesidad de crear estrategias orientadas a mejorar la eficiencia de su uso. Una de ellas es la de conocer los requerimientos de agua de cada cultivo, en donde esta se define como la cantidad de agua que debe tener el suelo para que la planta pueda satisfacer sus procesos fisiológicos y poder tener un desarrollo óptimo. Están constituidas por el agua evaporada desde la superficie libre del suelo y la transpirada por la planta (Guayanay 2019).

Es importante conocer el consumo de agua de los cultivos y el manejo adecuado de riego, los mismos que son factores muy importantes para la realización de las buenas prácticas agrícolas. De forma continua las demandas de riego en los cultivos, tienen una variación momentáneamente y fundamentalmente en función del clima, manejo, periodo de crecimiento y la variedad sembrada, por lo cual su cálculo se debe proceder de manera local (Ureña 2017).

El presente trabajo se desarrolló para adquirir y mejorar los conocimientos sobre el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos.

# **CAPITULO 1**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **1.1. Definición del tema caso de estudio**

El presente documento trata sobre la temática correspondiente sobre el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos.

### **1.2. Planteamiento del problema**

Los cultivos de maíz, pimiento y soya requieren dentro de su desarrollo y crecimiento un manejo adecuado en lo que se refiere a la fertilización, el riego y drenaje. Estos cultivos requieren una gran cantidad de agua, la misma que varía en su proporción de acuerdo a la zona, condiciones climáticas y suelo. Generalmente el 80 al 90 por ciento del peso de una planta es agua. Por lo tanto, las plantas necesitan de agua de riego establecido en determinados momentos, para maximizar el potencial de los cultivos. Un exceso de agua genera problemas en las raíces y crecimiento del cultivo, en donde se debe aportar la cantidad de agua que requiere el cultivo. La deficiencia de agua, reduce el crecimiento del cultivo y el potencial de producción que estos poseen genéticamente.

### **1.3. Justificación**

Los requerimientos hídricos de los cultivos se deben establecer habitualmente a la superficie del suelo para no afectar el potencial productivo vegetal es por esta razón que se debe almacenar a la planta solo la cantidad de agua que esta requiera para su total desarrollo productivo en la que permita señalar con un aumento de precisión el inicio de cada periodo fenológico del cultivo y sus correspondientes demandas hídricas.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Compilar información sobre el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los beneficios y forma de aplicación de los requerimientos hídricos aplicados en los cultivos de maíz, pimiento y soya.
- Describir los requerimientos hídricos aplicados en los cultivos de maíz, pimiento y soya, para maximizar su producción.

## **1.5. Fundamentación teórica**

### **1.5.1. Importancia del agua en los cultivos**

La agricultura es la manufactura con mayor demanda internacional de agua; el riego es la actividad que consume el 70% de este recurso en todo el mundo. Se calcula que sólo el 20% de las tierras agrícolas del mundo están bajo riego, lo que permite obtener el 40% de la fabricación agrícola mundial (Aguirre 2015).

Las necesidades de agua dependen de numerosos elementos, los más vitales pueden ser el clima y el aporte de agua en función de la especie y la fase de desarrollo del cultivo, que permiten mantener una humedad suficiente en el interior del aparato radicular en función de los factores climáticos, la fenología del cultivo y las características del suelo (Aguirre 2015).

En los últimos años, la escasez de agua ha hecho imprescindible reorientar los estudios hacia el uso de sistemas de riego más eficientes que conserven el agua. Uno de los pasos necesarios para el diseño, la construcción o la instalación y el funcionamiento de cualquier dispositivo de riego es la estimación

de las necesidades de agua de las plantas que se van a cultivar en un lugar determinado. Sin embargo, una vez montadas estas estructuras de riego, en la norma, además de en unos pocos casos, los fabricantes requieren una formación para el funcionamiento de estos sistemas para cosechar excelentes efectos en frases de ahorro de agua, obtener una fabricación adecuada y mitigar el deterioro en sus suelos (Aguirre 2015).

El deterioro de la calidad del agua se debe a elementos geológicos, geográficos y contaminantes ambientales, que contribuyen a un marcado descenso de la calidad del agua (Basso *et al* 2016).

El agua del suelo es uno de los elementos más esenciales que afectan a la fabricación de los cultivos. El agua constituye la parte líquida del suelo, que se requiere con la ayuda de la flora en pequeñas cantidades para los enfoques del metabolismo y el envío de nutrientes, y en grandes porciones dentro del procedimiento fisiológico de la transpiración. El riego es la utilidad suplementaria del agua con el objetivo principal de impartir suficiente humedad a la vida vegetal (Basso *et al* 2016).

Uno de los problemas inmediatos que hay que resolver en la agricultura es la utilidad oportuna y correcta del agua de riego, de manera que pueda combinarse con diferentes prácticas agronómicas para obtener el mejor rendimiento en la cosecha (Cabanillas y Infantes 2015).

En los planes de riego es muy importante entender las necesidades de agua de las plantas y dentro de la programación del riego es esencial considerar la ingesta de agua de acuerdo con el cultivo, para poder establecer los deseos de las flores durante el período vegetativo. El suministro preciso de agua a los cultivos evita la sobreasignación antieconómica (Cabanillas y Infantes 2015).

La gestión eficaz del agua de riego viene determinada por los elementos meteorológicos, del suelo y del cultivo. La forma en que se lleva y distribuye el agua en la explotación debe permitir que el agua llegue al cultivo en cantidad y momento adecuados. Por lo tanto, el dispositivo de riego de una explotación debe diseñarse en función de las características climáticas del lugar, teniendo en cuenta los componentes relacionados con el suelo, el cultivo, el suministro de agua y, en definitiva, el capital y los esfuerzos de la explotación (Morabito 2014).

### **1.5.2. Requerimiento hídrico del cultivo de maíz**

La disponibilidad de agua en cantidades apropiadas a las necesidades de la planta permite que el cultivo se desarrolle bien y decore su rendimiento; este requerimiento es una característica del desarrollo fenológico de la planta y se correlaciona con otras variables muy importantes que incluyen la capacidad de sujeción, la evapotranspiración y la temperatura; además, la cantidad de agua accesible para el cultivo depende de la profundidad explorada por medio de las raíces, la cantidad de agua que se tiene a esa intensidad y la efectividad con la que las raíces pueden extraer la humedad del suelo a grados excepcionales (Álvarez y Álvarez 2018).

El cultivo de maíz tiene una fase vital que exige la mejor cantidad de agua, este periodo se produce en el transcurso de la fase de prefloración y subfloración; un problema de agua en esta sección puede afectar negativamente al rendimiento, debido al estrés que provoca dentro de la estructura del cuerpo de la planta; asimismo, la escasez de agua en la vegetación inicial después de la siembra puede afectar considerablemente a la población de la planta, provocando la muerte de las plántulas y por lo tanto la pérdida de población con la intención de ser ponderada dentro de la disminución del rendimiento (Alvarado 2015).

El momento crítico de la presión de la sequía en el maíz se sitúa entre los 7 días anteriores al inicio de la floración y los 15 días posteriores a la misma; en este grado, la reducción del rendimiento es extra y puede ser 2 o 3 veces mayor que en otros niveles de auge, además de que en esta fase la cantidad de granos puede disminuir hasta en un cuarenta y cinco por ciento (Caiza 2015).

El maíz desea al menos de 500 mm a 700 mm de lluvia bien distribuida a lo largo de la temporada de crecimiento; pero, incluso esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no se puede guardar dentro del suelo, debido a la intensidad del suelo poco profundo o la escorrentía, o si la demanda de evaporación es simplemente demasiado notable debido a las altas temperaturas y la humedad relativa (Falcon 2020).

En general, el cultivo del maíz tiene una sección importante que necesita la mayor cantidad de agua. Esta duración se produce en algún momento de la sección de pre y post floración. La dificultad de agua en esta fase puede afectar negativamente al rendimiento debido al estrés que provoca en la fisiología de la planta. Además, la pérdida de agua dentro de los niveles iniciales después de la siembra puede tener un efecto significativo en la población de plantas, infligiendo la muerte de las plántulas y la consiguiente pérdida de población, por lo que se puede reflejar en la reducción del rendimiento (Guerrero 2017).

El efecto de la sequía influye particularmente en el potencial de la planta de maíz para suministrar grano en 3 niveles cruciales de incremento vegetativo: a) al inicio del ciclo del cultivo, en el nivel de plántula es capaz de matar esa flora y reducir la densidad de población; b) en el grado de floración y c) en la etapa de llenado de grano (Guzmán 2017).

El descuento de agua en el cultivo de maíz en algún momento del periodo de prefloración, floración y publicación de la floración provoca pérdidas del 25 por ciento, 50 por ciento y 21 por ciento, respectivamente. El momento vital de estrés por sequía en el maíz se sitúa entre los 7 días anteriores al inicio de la floración y los 15 días posteriores a la misma. En esta etapa, la reducción del rendimiento es mayor y puede ser de 2 a 3 veces más que en cualquier otra sección de crecimiento. Asimismo, se indica que en este grado el alcance de los granos puede disminuir hasta en un 45%. El umbral mínimo de precipitaciones a partir del cual se puede anticipar la cosecha de granos es de ciento cincuenta mm (Guayanay 2019).

Las necesidades de agua varían con el estado fenológico: De VE a V6 la planta se asienta en el suelo y desarrolla su aparato radicular; la cantidad de biomasa a mantener sigue siendo pequeña y las necesidades de agua y minerales son bajas. De V6 a V10 la consistencia del componente aéreo es mayor y los nudos y entrenudos se alargan; las necesidades de agua se disparan regularmente (Ibáñez 2016).

De V10 a R1 (floración), el ápice vegetativo experimenta ajustes esenciales para tomar la panícula y de ocho a 10 días después, la espiga; en este nivel el crecimiento de las partes aéreas y subterráneas del maíz son muy rápidos. Este es el período con las mejores necesidades de agua, y el cultivo no tiene que pasar por un déficit hídrico desde 20 días antes de la floración hasta 20 a 30 días después de la parada de la floración (Ibáñez 2016).

De R2 a R5 (rangos de llenado del grano), las necesidades de agua disminuyen regularmente. Entre R2 y R3, la cariósida incorpora un porcentaje excesivo de agua junto con sustancias de reserva; a partir de R4, el grano inicia una técnica de desecación hasta que la necesidad de agua es nula en R6 (madurez fisiológica) (Ibáñez 2016).

Si hay sequía en los niveles vegetativos, la planta reduce el auge de las hojas, la PAR (Photosynthetically Active Radiation) interceptada y presenta un pico

más bajo, LAI (Leaf Area Index) y el peso de la biomasa, que una planta bajo el régimen de agua de todos los días (Ureña 2017).

Si la sequía se produce en los grados reproductivos (alrededor de la floración), hay una reducción dentro de la eficiencia de la conversión de PAR en biomasa, disminución de la variedad de espigas/planta, menor variedad de granos/espiga y mejor gama de granos abortados. Si la sequía tiene lugar en los primeros grados de llenado de los granos, se incrementa la senescencia de las hojas y se reduce el peso de los granos. Dado que la forma de llenado de los granos se realiza mediante la translocación de los hidrocarburos de reserva acumulados en el interior del tallo a la espiga, la escasez de masa foliar fotosintéticamente viva puede conducir a un crecimiento dentro del porcentaje de inflexión de la vida de la planta mientras se vacían los tallos (Yanangomez 2018).

Un cultivar o híbrido resistente a la sequía debe tener: A) estabilidad en el rendimiento bajo condiciones climáticas específicas; B) lenguaje de programación de tiempo corto entre el polen y los estigmas de las niñas; C) panícula pequeña y poco ramificada; D) prolificidad excesiva; E) tamaño de planta pequeño; y F) umbral de precio de incremento mínimo más bajo para proporcionar grano (Yanangomez 2018).

### **1.5.3. Requerimiento hídrico del cultivo de pimiento**

Las necesidades de agua para una producción potencial de plantas de pimiento están entre 600 y 1 250 mm según el año. Los pimientos son sensibles a la presión del agua, tanto por exceso como por defecto de humedad (Amores 2020).

En el cultivo de pimiento el suministro irregular de agua puede motivar la caída de la vegetación y de la culminación de la fase de cuajado y la llegada de la necrosis apical, siendo recomendable utilizar riegos pequeños y frecuentes (Álvarez 2019).

El pimiento es una planta poco propensa a la luz en el transcurso de todo el ciclo vegetativo, concretamente durante toda la floración. Cuando la luz es escasa, es muy reducida y la flora es más débil; la falta de luz provoca un cierto adelgazamiento, con alargamiento de los entrenudos y tallos, haciéndolos más débiles y no capaces de soportar una abundante cosecha de culminación (Buñay 2017).

En el pimiento los estadios óptimos de humedad relativa se sitúan entre el 50 y el 70%. Una humedad relativa alta favorece la mejora de las enfermedades de transmisión aérea y dificulta la fecundación. La coincidencia de temperaturas excesivas y baja humedad puede provocar la caída de la vegetación y en estos días el cuajado de los frutos (Churasacari 2016).

#### **1.5.4. Requerimiento hídrico del cultivo de soya**

El crecimiento y el desarrollo a lo largo de todo el ciclo del cultivo de la soya están controlados por el suministro de agua. El riego aumenta la parte superior de la planta, la región de la hoja, el alcance de la hoja y el período de la raíz primaria, además de que aumentará el recuerdo seco de los tallos, las hojas, las raíces y los órganos reproductivos (Capurro 2016).

El crecimiento y la mejora en alguna fase del ciclo del cultivo de la soya se controla con la ayuda del suministro de agua. La irrigación aumenta la altura de la planta, el área foliar, la variedad de hojas y el período radicular más temprano, además de aumentar el número de recuento seco de tallos, hojas, raíces y órganos reproductivos (Capurro 2016).

Las deficiencias de agua son un elemento que proscribire el éxito de la mayoría de los rendimientos en la soya. Además de los efectos inhibitorios sobre el crecimiento de las hojas, la transpiración y la fotosíntesis, el déficit hídrico inhibe la fijación de nitrógeno en la soya (Capurro 2016).

Varios autores distinguen respuestas específicas en función del segmento del ciclo en el que se produce el estrés hídrico. En cuanto al periodo vegetativo, todas las plantas son sensibles al déficit hídrico durante toda la germinación (Freire 2020).

Es necesaria una buena disponibilidad de agua (entre el 15 y el 50% de agotamiento del agua del suelo). Los déficits en estas etapas pueden tener un impacto muy terrible en el rendimiento de los cultivos. El riego para el establecimiento de los cultivos es igualmente beneficioso, sin sobrepasar el 85% ni bajar del 50% del agua que debe haber en el suelo (Freire 2020).

Durante el periodo vegetativo, las deficiencias o excesos de agua retrasan la floración. Sin embargo, algunos autores afirman que los déficits hídricos leves en este grado no son un obstáculo para la mejora, además de los citados anteriormente, y que las deficiencias hídricas de intensidad media (cuarenta-50% del agua útil en el interior del suelo) hasta R1 (E-R1) no producen reducciones de rendimiento, pero también podrían reducir el lugar de las hojas y el pico de la planta. Los déficits superiores (20-40 % del agua útil) deberían producir descuentos del orden del 10 % (Freire 2020).

Dependiendo del clima, el suelo, el cultivar y las prácticas de control del cultivo, la evapotranspiración de la soja puede oscilar entre 300 mm y 800 mm. La ET acumulada depende del número de días entre la emergencia y la edad adulta fisiológica (estado R7) y la última fecha depende de la institución adulta (GM) elegida. La ET máxima diaria de la soja se sitúa entre 8 y 9 mm y suele producirse cuando se alcanza la mayor cobertura (cerca de la floración máxima hasta el llenado del grano) (Llovet 2017).

El consumo de agua de 454 mm con un máximo de 7,6 mm día<sup>-1</sup>. El cortejo entre la fabricación de biomasa y la ingesta de agua está entre 1,2 y 1,6 kg m<sup>-2</sup>, y se ha localizado además una mayor productividad del agua en algunos componentes del mundo, siendo esta variabilidad debida a las barreras de nitrógeno o de diferentes nutrientes. En relación con la producción de granos, se han encontrado eficiencias de uso del agua entre 6,6 y 8,8 kg mm<sup>-1</sup>. Además, se determinaron eficiencias de uso del agua entre cinco y nueve kg mm<sup>-1</sup> para la soja en diferentes lugares de Ecuador (Llovet 2017).

#### **1.5.5. Parámetros para determinar el requerimiento hídrico de los cultivos**

La necesidad de agua de los cultivos es la cantidad de agua necesaria para satisfacer el precio de la evapotranspiración para que las plantas puedan prosperar. El precio de la evapotranspiración es la cantidad de agua que se pierde en la atmósfera a través de las hojas de las plantas, además de la superficie del suelo. Por lo tanto, para poder estimar las necesidades de agua de un cultivo, primero hay que medir la tasa de evapotranspiración. La tasa de referencia,  $ET_0$ , es la estimación de la cantidad de agua utilizada por una gran superficie de hierba verde y bien regada, de unos 8 a 15 centímetros de altura. Conociendo la  $ET_0$ , se pueden calcular las necesidades de agua de los cultivos (Gómez *et al* 2017).

El conocimiento de las necesidades de agua de los cultivos permite a los cultivadores e investigadores mejorar el control de las actividades de disciplina, junto con los eventos de riego. Sin embargo, la necesidad de agua de riego es toda la cantidad de agua que se necesita, además de la precipitación, para satisfacer la pérdida de evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) (Gómez *et al* 2017).

La necesidad de agua del cultivo representa el volumen de agua que se necesita para compensar la pérdida de evapotranspiración del cultivo. Para un correcto control del riego y un ahorro económico de agua, es esencial una correcta estimación de las necesidades de agua del cultivo. La evapotranspiración de

referencia ( $ET_0$ ) y el coeficiente de cultivo ( $K_C$ ) surgen como uno de los elementos clave para estimar las necesidades de agua de los cultivos (Jaramillo 2017).

Existen parámetros importantes que inciden en la dedicación de las necesidades hídricas de un cultivo, que son el coeficiente de cultivo y la evapotranspiración de referencia, teniendo en cuenta que el coeficiente de cultivo se decidió por medio de la relación entre la  $ET_c$  y la  $ET_0$ , y estos están influenciados a través de la plantación y el suelo donde se desarrollan. Una vez estimados los deseos de agua importantes para la planta ofrecen mejoras dentro de la utilidad del agua de riego, es muy importante llevar a cabo estudios para determinar el coeficiente de cultivo en cada área para mejorar los sistemas productivos a través del uso regular del agua (Jaramillo 2017).

#### **1.5.5.1. Evaporación**

La evaporación es la forma en que el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira del suelo de evaporación (eliminación de vapor). El agua se evapora de una serie de superficies, como lagos, ríos, carreteras, suelos y flora húmeda. Cambiar el reino de las moléculas de agua de líquido a vapor requiere energía. La radiación solar directa y, en menor medida, la temperatura ambiente del aire, ofrecen esta electricidad. La fuerza que se ejerce para eliminar el vapor de agua de un suelo que se evapora es la diferencia entre la presión del vapor de agua en el suelo que se evapora y la tensión del vapor de agua de la atmósfera circundante (Morabito 2014).

A medida que se produce la evaporación, el aire circundante se satura paso a paso y el procedimiento se vuelve cada vez más lento hasta que se detiene por completo si el aire húmedo circundante no se transfiere siempre al entorno o, en otras palabras, no se elimina de la hoja. La sustitución del aire saturado por aire más seco depende en gran medida del ritmo del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos que deben considerarse al evaluar la forma de evaporación (Morabito 2014).

### **1.5.5.2. Transpiración**

La transpiración, al igual que la evaporación directa, depende de la fuerza de entrada, del gradiente de tensión de vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento deben tenerse en cuenta adicionalmente en su dedicación (Tenecota 2016).

El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo para conducir el agua a las raíces determinan también la tasa de transpiración, además de la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también se ve favorecida por las características del cultivo, el entorno en el que se produce y las prácticas de cultivo (Tenecota 2016).

Diferentes tipos de plantas pueden tener cargas de transpiración distintas. Por otra parte, no sólo el tipo de cultivo, sino también su grado de mejora, el entorno en el que se cultiva y su gestión deben tenerse en cuenta al comparar la transpiración (Tenecota 2016).

### **1.5.5.3. Evapotranspiración**

La evapotranspiración incluye las pérdidas de agua debidas a la evaporación del suelo y a la transpiración de las plantas. En el riego localizado, se moja una parte del suelo, por lo que las pérdidas por evaporación pueden ser menores que en las estructuras de riego en las que se moja todo el suelo. Por otro lado, la transpiración puede ser mejor en el riego localizado, debido a que el suelo seco está más caliente que el suelo húmedo y esto provoca un aumento de la temperatura de la cubierta (Ureña 2017).

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de diferenciar entre esas dos tácticas. Aparte de la disponibilidad de agua dentro de los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado está determinada específicamente por la fracción de radiación solar que

llega al suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que la cubierta vegetal arroja cada vez más color al suelo (Ureña 2017).

#### **1.5.5.4. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

La evapotranspiración de referencia informa adecuadamente de los deseos de agua de la vegetación para un desarrollo fisiológico eficiente, teniendo en cuenta que requieren las condiciones más beneficiosas de los parámetros climáticos positivos que incluyen la humedad relativa, la velocidad del viento y la temperatura del aire, y que también afectan a la variante de la evapotranspiración de referencia (Villanueva 2016).

#### **1.5.5.5. Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>)**

La evapotranspiración de los cultivos en condiciones conocidas se denomina ET<sub>c</sub>, y se refiere a la falta de agua de un cultivo que no tiene enfermedades y que está correctamente fertilizado y cultivado en grandes parcelas, en las situaciones más excelentes de suelo y agua, y cumpliendo las situaciones de máxima producción según las condiciones climáticas triunfantes (Caiza 2015).

#### **1.5.5.6. Coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>)**

El coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) es un coste que depende de los rasgos anatómicos, morfológicos y fisiológicos de la planta. El K<sub>c</sub> varía en función de la duración del crecimiento de la planta y del clima. Depende del potencial de la planta para extraer agua del suelo, en paso con su grado de desarrollo vegetativo, no se utilizan si las estadísticas de cultivo ET se obtienen con cualquiera de las estrategias directas (Salguero 2018).

El coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) describe las versiones de la cantidad de agua que las flores extraen del suelo a medida que aumentan, desde la plantación hasta la cosecha. El requerimiento diario del cultivo (mm/día) se obtiene multiplicando la ET<sub>o</sub> por el coeficiente de cultivo K<sub>c</sub> (Salguero 2018).

El coeficiente de cultivo es el resultado final de la relación entre la evapotranspiración de referencia y su formulación es:  $K_c = ET_c / ET_o$ .

Existen varios estudios sobre la determinación del  $K_c$ , entre los cuales se reconoce ampliamente que este coeficiente varía en función de las situaciones del entorno donde se desarrolla el cultivo, según Salguero (2018):

**Tabla 1.** Coeficiente teórico del cultivo de pimiento, maíz y soya.

<b>Cultivo</b>	<b>Kc inicial</b>	<b>Kc medio</b>	<b>Kc final</b>
<b>Soya</b>	0.5	1.15	0.50
<b>Pimiento</b>	0.6	1.11	0.90
<b>Maíz</b>	0.8	1.05	1.15

## **1.6. Hipótesis**

**Ho=** No es de vital interés conocer sobre el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos.

**Ha=** Es de vital interés conocer sobre el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para el desarrollo del presente documento se recolectó información bibliográfica de libros, revistas, periódicos, artículos científicos, páginas web, ponencia, tesis de grado, congresos y manuales técnicos.

La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos.

## **CAPITULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

La finalidad de este documento fue recolectar información referente a el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos.

#### **2.2. Situaciones detectadas (hallazgos)**

El maíz consume alrededor de 500 mm a 700 mm de lluvia bien distribuida a lo largo de la temporada de crecimiento; pero, incluso esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no se puede guardar dentro del suelo, debido a la intensidad del suelo poco profundo o la escorrentía, o si la demanda de evaporación es simplemente demasiado notable debido a las altas temperaturas y la humedad relativa.

Las necesidades de agua para una producción potencial de plantas de pimiento están entre 600 y 1 250 mm según el año. Los pimientos son sensibles a la presión del agua, tanto por exceso como por defecto de humedad.

El consumo de agua de 454 mm con un máximo de 7,6 mm día<sup>-1</sup>. El tiempo entre la producción de biomasa y el consumo de agua está entre 1,2 y 1,6 kg m<sup>3</sup>, y se ha localizado además una mayor productividad del agua en algunos componentes del mundo.

Dependiendo del clima, el suelo, el cultivar y las prácticas de control del cultivo, la evapotranspiración de la soya puede oscilar entre 300 mm y 800 mm. La ET acumulada depende del número de días entre la emergencia y la edad adulta

fisiológica (estado R7) y la última fecha depende de la institución adulta (GM) elegida.

### **2.3. Soluciones planteadas**

El conocimiento de las necesidades de agua de los cultivos permitirá a los productores mejorar el control de las actividades dentro del cultivo, junto con los sistemas de riego. Sin embargo, la necesidad de agua de riego es toda la cantidad de agua que se necesita, además de la precipitación, para satisfacer la pérdida de evapotranspiración del cultivo (ETC).

Es importante saber que las necesidades hídricas de los cultivos dependen de numerosos elementos, los más vitales pueden ser el clima y el aporte de agua en función de la especie y la fase de desarrollo del cultivo, que permiten mantener una humedad suficiente en el interior del aparato radicular en función de los factores climáticos, la fenología del cultivo y las características del suelo.

### **2.4. Conclusiones**

En la perspectiva sobre el requerimiento hídrico de los cultivos de maíz, pimiento y soya en la zona de Babahoyo provincia de Los Ríos, se llegó a las siguientes conclusiones:

La necesidad de agua del cultivo representa el volumen de agua que se necesita para compensar la pérdida de evapotranspiración del cultivo. Para un correcto control del riego y un ahorro económico de agua, es esencial una correcta estimación de las necesidades de agua del cultivo.

La evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) surgen como uno de los elementos clave para estimar las necesidades de agua de los cultivos.

## **2.5. Recomendaciones (propuestas para mejorar el caso)**

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Se debe enfatizar la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos, midiendo varios parámetros importantes, para lograr potenciar los rendimientos de los cultivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, H. 2015. Performance Evaluation and Development of Daily Reference Evapotranspiration Model. *Irrigation and Drainage Systems Engineering*, 05(01): 1–6.
- Amores, L. 2020. Efectos en la producción del cultivo de pimiento a cuatro láminas de aplicación de riego. Tesis MSc. Guayaquil, Ecuador, UADE. 75 p.
- Álvarez, M., Álvarez, H. 2018. Parámetros hídricos: cultivo de maíz en el Valle de Joa, Ecuador. Manabí, Ecuador. 137 p.
- Álvarez, P. 2019. Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en función a la evapotranspiración real en comparación con el Kc teórico. Tesis Ing. Quevedo, Ecuador, UTEQ. 87 p.
- Alvarado, V. 2015. Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) cv.PMV-581. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM. 103 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. Tesis Ing. Cumanda, Ecuador, UTA. 61 p.
- Basso, C., Villafañe, G., Villafañe, R. 2016. Evapotranspiración y coeficientes de cultivo (kc) de Stevia bajo condiciones parcialmente protegidas. *BIOAGRO*, 28(2): 131–136.
- Cabanillas, J., Infantes, G. 2015. Determinación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.) bajo riego por gravedad en el sector Chequepe, Valle Viru. Tesis Ing. Trujillo, Perú, UNT. 294 p.

- Caiza, J. 2015. Determinación del balance hídrico en el cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.). Balzar, Guayas. Tesis Ing. Quito, Ecuador, UCE. 108 p.
- Churasacari, N. 2016. Determinación de la evapotranspiración real y coeficiente del cultivo (kc) de pimiento morron en la irrigacion majes. Tesis Ing. Puno, Perú, UNDA. 149 p.
- Capurro, M. 2016. Determinación de las necesidades hídricas y respuesta al riego en el cultivo de soja. Tesis MSc. Montevideo, Uruguay, UDLR. 153 p.
- Falcon, S. 2020. Determinación de la demanda hídrica y parámetros biométricos para la aplicación del riego del maíz amarillo DK7088 (*Zea mays* L.) en la Molina. Tesis Ing. La Molina, Perú, UNALM. 100 p.
- Freire, J. 2018. Determinación del efecto del riego y la fertilización en el rendimiento del cultivo de soja (*Glycine max*) en la zona de Mocache. Tesis Ing. Quevedo, Ecuador, UTEQ. 82 p.
- Gómez, A., Rojas, H., Vallejo, F., Estrada, E. 2017. Determinación del requerimiento hídrico del pimentón en el municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca. Revista Universidad Nacional de Colombia 12(4): 1-12.
- Guerrero, A. 2017. Disponibilidad hídrica y predicción del rendimiento de *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Jequetepeque, Perú. Arnaldoa 24(1): 383-394.
- Guzmán, D. 2017. Etapas fenológicas del maíz (*Zea mays* L.) Var. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo”. Tesis Ing. Cumandá, Ecuador, UTA. 68 p.
- Guayanay, F. 2019. Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), Var. tusilla, mediante el método del lisímetro volumétrico, en el sector San José, perteneciente al sistema de riego campana- malacatos. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador. 100 p.

- Ibáñez, C. 2016. Determinación del coeficiente de cultivo (KC.), para maíz (*Zea mays* L.) bajo invernadero en la granja Santa Ines. Tesis Ing. Machala, Ecuador, UTMACH. 63 p.
- Ibáñez, C. 2016. Determinación del coeficiente del cultivo Kc, para maíz (*Zea mays* L.) bajo invernadero en la granja san Luis. Tesis Ing. Agr. Machala, Ecuador. 63 p.
- Jaramillo, J. 2017. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de pimiento (*Capsicum Annuum*) mediante el lisímetro volumétrico en el sector el San José perteneciente al sistema de riego Campana -Malacatos. Tesis Ing. Loja, Ecuador, UNDL. 157 p.
- Llovet, J. 2014. Balance hídrico del cultivo de soja *Glycine max* (L.) Merr. En suelos de diferente textura del norte bonaerense: ajuste de herramientas modelizadoras. Tesis MSc. Zavalla, Argentina, UNR. 96 p.
- Morabito, J. 2014. Requerimientos hídricos e incremento de la productividad de los cultivos bajo riego ante escenarios de cambio climático. EEA INTA, Argentina. 54 p.
- Salguero, D. 2018. Evaluación de tres métodos para determinar el requerimiento hídrico, del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) var INIAP 102, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Riobamba, Ecuador. 99 p.
- Tenecota, A. 2016. Determinación del coeficiente de cultivo (Kc), para soya (*Glycine max* L.), bajo invernadero en la granja santa Inés. Tesis Ing. Machala, Ecuador, UTMACH. 57 p.
- Ureña, G. 2017. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) mediante el lisímetro volumétrico en el sector el Porvenir perteneciente al sistema de riego Campana -Malacatos. Tesis Ing. Loja, Ecuador, UNDL. 157p.
- Villanueva, J. 2016. Requerimientos hídricos de especies anuales y perennes en las zonas media y altiplano San Luis Potosí. SAGARPA, México. 31 p.

Yanangomez, L. 2018. Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en la parroquia Malacatos sector "San José". Tesis Ing. Agrícola. Loja, Ecuador, UNL. 83 p.