



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MECANISMO: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*)  
BAJO ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARÍO**

**AUTORES:**

**MOREIRA SOLÓRZANO HEDY JAIRO  
RIVAS MACÍAS KEVIN LEONEL**

**TUTOR:**

**ING. FROWEN CEDEÑO SACÓN, Mg. Sc.**

**CALCETA, MARZO DE 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**HEDY JAIRO MOREIRA SOLÓRZANO**, con cedula de ciudadanía **1313829093** y **KEVIN LEONEL RIVAS MACIAS** con cedula de ciudadanía **1314109711**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) BAJO ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARÍO** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**HEDY JAIRO MOREIRA SOLÓRZANO**  
**CC: 1313829093**



---

**KEVIN LEONEL RIVAS MACÍAS**  
**CC: 1314109711**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**HEDY JAIRO MOREIRA SOLÓRZANO**, con cedula de ciudadanía **1313829093** y **KEVIN LEONEL RIVAS MACIAS** con cedula de ciudadanía **1314109711**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) BAJO ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**HEDY JAIRO MOREIRA SOLÓRZANO**  
CC: 1313829093



---

**KEVIN LEONEL RIVAS MACÍAS**  
CC: 1314109711

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**ING. ÁNGEL FROWEN CEDEÑO SACÓN. MG.**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) BAJO ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARÍO**, que ha sido desarrollado por **HEDY JAIRO MOREIRA SOLÓRZANO** y **KEVIN LEONEL RIVAS MACIAS**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ÁNGEL FROWEN CEDEÑO SACÓN, Mg. Sc.**

**CC: 1310353121**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) BAJO ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARÍO**, que ha sido desarrollado por **HEDY JAIRO MOREIRA SOLÓRZANO** y **KEVIN LEONEL RIVAS MACIAS**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA** de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**GALO A. CEDEÑO GARCIA, Mg. Sc.**

**CC: 1311956831**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**CRISTIAN VALDIVIEZO LOPÉZ, Mg. Sc.**

**CC: 1717929283**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**SERGIO VELÉZ ZAMBRANO, Mg. Sc.**

**CC: 1310476773**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado los conocimientos profesionales día a día.

A agradecer a Dios por bendecirnos e iluminarnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque nos diste la sabiduría e hiciste realidad nuestros sueños que siempre quisimos cumplir.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola los cuales brindaron sus conocimientos de forma magistral e imborrable para construirnos en profesionales a lo largo de nuestra trayectoria de formación.

Agradecemos al ingeniero Cristian Valdivieso por compartir todos sus conocimientos, por darnos la oportunidad de trabajar con él, y ser unas de las personas que nos brindó su apoyo para poder realizar este trabajo.

A todas las personas que han confiado en nosotros, a los miembros del tribunal. De la misma forma a nuestro tutor el Ing. Frowen Cedeño Sacón por su aporte, guía y paciencia

**LOS AUTORES**

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y el que me ha dado la capacidad y fuerza para no darme por vencido y luchar día tras día y así poder lograr esta meta.

A mis padres Winer Rivas y Dina Macías quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de nunca rendirme y luchar por las cosas que quiero.

A mis hermanos Winer Rivas y Nataly Rivas por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A cada una de las personas que estuvieron en este proceso, que gracias a sus consejos y apoyo ahora he podido cumplir esta meta, a los amigos que encontré en todo este lapso de tiempo que duro la carrera.

**KEVIN LEONEL RIVAS MACÍAS**

## **DEDICATORIA**

Le doy gracias a Dios quien ha sido mi guía y quien me ha mantenido con salud y fuerzas para lograr esta meta, y me dio la oportunidad de conocer a personas de buen corazón que me ayudaron día a día en este camino.

Gracias a mi madre Dolores Solórzano quien me daba sus consejos y fuerzas para seguir adelante y me llenaba de amor y refugios en los momentos difíciles, al ver esas ganas tan grandes de mi madre verme como un profesional me daba fuerza para seguir adelante y hacerla sentir orgullosa.

Gracias a mis hermanos Jessica Moreira, Hedy Moreira, Jimena Moreira y Antonia Moreira por su cariño y apoyo incondicional, y a todos mis amigos y compañeros que me apoyaron en este proceso.

**HEDY JAIRO MOREIRA SOLÓRZANO**



## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN .....	xiv
PALABRAS CLAVES .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
KEY WORDS.....	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVO .....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. EL AGUA Y LA AGRICULTURA .....	4
2.2. RIEGO .....	4
2.3. RIEGO DEFICITARIO .....	5
2.4. RIEGO POR GOTEO .....	5

2.5. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO .....	7
2.6. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA.....	8
2.7. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA .....	8
2.8. BIOMASA.....	9
2.9. BIOMASA SUBTERRANEA .....	9
2.10. MODELO MOPECO .....	9
2.11. ORDI (OPTIMIZED REGULATED DEFICIT IRRIGATION) .....	10
2.12. PRD (SECADO PARCIAL DE RAÍCES).....	10
2.13. TMY (AÑO METEOROLÓGICO TÍPICO).....	11
2.14. COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) .....	11
2.15. COEFICIENTE DE SENSIBILIDAD (Ky) .....	11
2.16. MAÍZ (Zea mayz) .....	12
2.17. TAXONOMÍA .....	12
2.18. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	12
2.18.1. TALLO.....	13
2.18.2. HOJAS .....	13
2.18.3. RAÍCES.....	13
2.18.4. FLOR .....	13
2.18.5. GRANO.....	13
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	15
3.1. UBICACIÓN .....	15
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	15
3.3. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS. CLIMA .....	15
3.4. MATERIAL VEGETAL.....	16
3.5. FACTOR EN ESTUDIO.....	16

3.6. TRATAMIENTOS.....	16
3.7. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS.....	17
3.7.1. Tratamiento 1 .....	17
3.7.2. Tratamiento 2 .....	17
3.7.3. Tratamientos 3 y 4.....	17
3.7.4. TRATAMIENTO 5 Y 6.....	18
3.7.5. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	18
3.7.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	18
3.7.7. ANÁLISIS FUNCIONAL.....	18
3.8. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....	18
3.9. ESQUEMA DE LOS TRATAMIENTOS .....	19
3.10. MANEJO DEL CULTIVO.....	19
3.10.1. PREPARACIÓN DEL SUELO .....	19
3.10.2. SIEMBRA.....	20
3.10.3. CONTROL DE MALEZAS .....	20
3.10.4. RIEGO.....	20
3.10.5. FERTILIZACIÓN .....	21
3.11. VARIABLES RESPUESTA.....	22
3.11.1. ALTURA DE PLANTA .....	22
3.11.2. BIOMASA.....	22
3.11.3. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA.....	22
3.11.4. CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA EN EL SUELO .....	22
3.11.5. POTENCIAL MATRICO DEL SUELO.....	22
3.11.6. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA.....	23
CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN .....	24

4.1. ALTURA DE PLANTA .....	24
4.2. BIOMASA.....	25
4.2.1. RAÍZ.....	25
4.2.2. VARIABLES DE BIOMASA DE HOJA, TALLO Y MAZORCA .....	26
4.3. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA .....	26
4.4. CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA EN EL SUELO.....	27
4.5. POTENCIAL MATRICO DEL SUELO.....	28
4.6. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA.....	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1. CONCLUSIÓN .....	32
5.2. RECOMENDACIÓN.....	32
BIBLIOGRAFIA .....	33

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de goteros .....	6
Figura 2. Esquema de riego .....	7
Figura 3. Métodos de riego con su eficiencia .....	8
Figura 4. Área del ensayo. Fuente: 2021 Google. ....	15
Figura 5. Esquema de tratamiento .....	19
Figura 6. Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre altura de planta en maíz amarillo duro. Barras con letras distintas, difieren significate de acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey al 5% .....	24
Figura 7. Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre biomasa en la raíz en maíz amarillo duro. Barras con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo a la prueba de separación de medias de ( $p > 0,05$ ) .....	25
Figura 8. Promedios obtenidos en la investigación en las variables de biomasa de tallo, hoja y mazorcas .....	26
Figura 9. Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre conductancia estomática en cada fase de desarrollo del cultivo. ....	27
Figura 10. Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre el contenido volumétrico de agua en el suelo .....	28
Figura 11. Potencial matrico del suelo a los 20, 40, 60 cm del tratamiento 1 .....	29
Figura 12. Potencial matrico del suelo a los 20, 40, 60 cm del tratamiento 2 .....	29
Figura 13. Potencial matrico del suelo a los 20, 40 cm del tratamiento 3 .....	30
Figura 14. Potencial matrico del suelo a los 20, 40 cm del tratamiento 5 .....	31
Figura 15. Rendimiento del agua .....	31

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manuel Félix López con el objetivo evaluar la respuesta fisiológica a varias estrategias de riego deficitario en el cultivo de maíz (*Zea mays*). El experimento se lo realizó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) realizando 6 tratamientos con 4 réplicas dando en total de 24 unidades experimentales; se evaluaron 3 métodos de riego deficitario; la metodología ORDI (riego por déficit regulado optimizado), la PRD (secado parcial de raíces) y la combinación de ORDI más PRD. Las variables evaluadas fueron altura de planta, biomasa, conductancia estomática, productividad del agua, y el potencial matrico del suelo. En la variable biomasa área no se encontraron diferencias significativas al ( $p>0,05$ ) el tratamiento con el promedio más alto en la biomasa de la hoja fue T2 con 40,25 g y la biomasa del tallo 74,33 g, en la variable biomasa si se encontraron diferencias significativas de la raíz, el tratamiento con el promedio más alto fue el T6 con 44,55 g. Los datos de humedad tuvieron datos diferentes entre tratamientos siendo el T1 y T2 la profundidad con mayor humedad 5 cm y 15 cm lado izquierdo, el tratamiento T3 y T4 tuvieron mayor humedad en la profundidad de 35 cm y 45 cm. El efecto del riego deficitario fue la disminución de la biomasa aérea de los tratamientos con déficit, las diferencias más significativas se vieron en los tratamientos que tenían PRD 2 semanas con una disminución mayor en la biomasa.

## PALABRAS CLAVES

MOPECO, ORDI, PRD, Uso eficiente del agua.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out at Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manuel Félix López with the objective of evaluating the physiological response to several strategies of deficit irrigation in the cultivation of corn (*Zea mays*). The experiment was carried out under a Randomized Complete Block Design (DBCA) carrying out 6 treatments with 4 replicates giving a total of 24 experimental units; 3 methods of deficit irrigation were evaluated; the ORDI methodology (optimized regulated deficit irrigation), the PRD (partial root drying) and the combination of ORDI plus PRD. The variables evaluated were plant height, biomass, stomatal conductance, water productivity, and soil matric potential. In the area biomass variable, no significant differences were found ( $p>0.05$ ) the treatment with the highest average in leaf biomass was T2 with 40.25 g and stem biomass 74.33 g, in the variable biomass if significant root differences were found, the treatment with the highest average was T6 with 44.55 g. The humidity data had different data between treatments, T1 and T2 being the depth with the greatest humidity 5 cm and 15 cm on the left side, treatment T3 and T4 having the greatest humidity at the depth of 35 cm and 45 cm. The effect of deficit irrigation was the decrease in aerial biomass of the treatments with deficit, the most significant differences were seen in the treatments that had PRD 2 weeks with a greater decrease in biomass.

## KEY WORDS

MOPECO, ORDI, PRD, Water use efficiency.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un recurso vital para la vida y el desarrollo de cualquier país, debe ser administrada en beneficio de toda la población, lo cual implica asumir responsabilidades relacionadas con su conservación y control de uso. Uno de los principales problemas es la gestión de la forma como se administra este recurso natural (Martínez y Villalejo, 2018). El creciente aumento en la demanda sobre el recurso hídrico que se vuelve más limitados y cada vez más requerido para una mayor cantidad de uso en sector agrícola (Castillo y Pinto, 2013).

En la actualidad la agricultura es la principal causa de la escasez de agua representa casi el 70% de todas las extracciones de este recurso, la falta de desconocimiento de mejoras que puedan hacerse respecto a la forma en que se usa el agua para producir alimentos. Los diferentes cambios climáticos como las Sequías severas más frecuentes están teniendo un impacto en la producción agrícola, mientras que el aumento de temperaturas se traduce en una mayor demanda de agua de los cultivos y una mayor evapotranspiración (FAO, 2017).

En el Ecuador el agua que se destina a riego agrícola bordea el entre el 70% lo cual ha generado esfuerzo de investigación o estrategia para optimizar el aprovechamiento del agua, la ineficiencia en el aprovechamiento de este recurso escaso, estarían propiciadas por factores de conocimiento en los factores técnicos de aplicación del recurso hídrico (Nieto, *et al.*, 2018).

Manabí es la provincia de mayor superficie agropecuaria, posee una superficie de 1,2 millones de hectáreas, es una de las provincias especializada en agricultura por ello el sector agrícola es clave para la economía manabita, en décadas recientes el clima ha tenido un comportamiento anómalo que ha traído como resultado la variabilidad de los



periodos lluviosos que eventualmente están siendo procedidos por la sequía (Pérez, *et al.*, 2018).

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El recurso hídrico es valioso para cualquier nación, pues constituye el elemento fundamental de los procesos de crecimiento económico y de desarrollo humano, es por ello que los países deben asegurar el buen manejo de dicho recurso para promover el desarrollo sostenible. El aprovechamiento, manejo y protección de los recursos hídricos en la agricultura son de vital importancia Su uso eficiente evita su desperdicio y contribuye a aumentar la productividad y la oferta alimenticia, a mejorar las condiciones de vida de la población rural y abatir los niveles de pobreza (Bolaños, 2013).

Conservar y utilizar de forma más eficiente el recurso hídrico a través de técnicas en el manejo eficiente del agua y promover una agricultura competitiva, sostenible con estrategias y lineamientos para fortalecer el manejo integral y sostenible de los recursos hídricos(Cisneros, 2003).

Una técnica para el manejo eficiente del agua es la implementación de láminas de riego, estas herramientas ayudan potencialmente para predecir los requisitos de agua de cultivo en la agricultura, ayudando a desarrollar herramientas de apoyo a la decisión al momento de regar, teniendo en cuenta los diferentes factores climáticos en donde la evapotranspiración es el principal consumidor de agua en los cultivos ya que este es la combinación de dos procesos separados, uno es la evaporación del suelo el cual es un proceso físico y la transpiración de las plantas, el cual es un proceso fisiológico (Steduto, *et al.*, 2012).

### **1.3. OBJETIVO**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Establecer el efecto fisiológico en el cultivo de maíz bajo el efecto de estrategias de riego deficitario.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto del riego deficitario sobre la evolución de la altura de planta y biomasa aérea y subterránea.
- Analizar el efecto del riego deficitario sobre la conductancia estomática a lo largo del ciclo de cultivo.

### **1.4. HIPÓTESIS**

- La aplicación de las láminas de riego deficitario afecta la respuesta fisiológica del cultivo de maíz.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. EL AGUA Y LA AGRICULTURA**

El agua se emplea en todo el mundo ya que su gestión ha sido un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura y así asegurar sus producciones, para aprovechar el potencial de la tierra el agua es esencial y así poder permitir que las plantas y los animales utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos (FAO, 2002).

Aproximadamente la productividad de las tierras de regadío es tres veces superior a la de las de secano, por estas razones se destacan la función del control de los recursos hídricos en la agricultura, por ello existe una inversión para la mejora de los regadíos para garantizar las variaciones pluviométricas y estabilizar la producción agrícola, para así permitir que los agricultores diversifiquen su actividad (FAO, 2005).

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua con un 65%, ya que la superficie irrigada en todo el mundo sea quintuplicada, sino porque no se tiene un sistema de riego eficaz y eficiente, razón por la que las pérdidas de este elemento se monumentales (Avilés, 2006).

### **2.2. RIEGO**

Los cultivos para desarrollarse y estar en buenas condiciones necesitan absorber el agua que se encuentra en los suelos, por ellos es prioritario regar para que el agua esté disponible para las plantas, ya que cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción de ella por parte de la planta, por ello existen varios métodos de riego, la función del riego es reducir las pérdidas de agua, provocando un uso más eficiente de la misma. La eficiencia de riego es la cantidad de agua disponible para el cultivo que se encuentra en el suelo después de haber realizado el riego (Demin, 2014).

Según Cisneros y Almazan (2003), mencionan que el agua que necesitan los cultivos puede ser aportada de dos formas, de forma natural por las precipitaciones, cuando no se cumplen la demanda de las plantas, es necesario aplicar el agua de forma artificial, es decir por medio del riego.

### **2.3. RIEGO DEFICITARIO**

El riego deficitario es una nueva tecnología alternativa que nos permite el uso racional del agua suministrada a los cultivos, tratando de dar el mínimo impacto a la producción, el riego deficitario es una herramienta fundamental para optimizar el agua aplicada (Padrón, *et al.*, 2014).

### **2.4. RIEGO POR GOTEO**

El riego por goteo nos permite conducir el agua mediante una red de tuberías y así poder aplicarla a los cultivos, el agua es aplicada por medio de emisores pequeños que entregan volúmenes de agua en forma periódica, es decir el agua se aplica en forma de gota por medio de los goteros.

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por tuberías cerradas que requieren presión. Desde el punto de agronómico, se denomina riego localizado ya que humedece un sector del volumen del suelo para obtener un buen desarrollo del cultivo. También se lo conoce como de alta frecuencia porque permite regar una o dos veces por día (Liotta, 2015).

Los sistemas de riego por goteo, además de ser eficientes con el uso del agua ayudan al manejo de los cultivos porque a través de este se puede realizar lo que se conoce como fertiirrigación así como también nos permite la utilización de aguas recicladas (Cevallos, 2008).

Un sistema de riego por goteo nos permite ahorrar un 60 por ciento de agua, en este método de riego el agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, por medio de los

goteros, estos goteros necesitan la suficiente presión para su funcionamiento (Mendoza, 2013).

Los goteros son la base fundamental del sistema, en el mercado podemos encontrar dos tipos de goteros los autocompensados y los no autocompensados, los autocompensados son aquellos que compensan la presión en cualquier punto del sistema de riego, esto quiere decir que todos los goteros van a dar la misma cantidad de agua, los no autocompensados son goteros que no compensan la presión en el sistema, pero se pueden utilizar sin ningún problema en terrenos llanos (Lanzarote, 2015).



Figura 1. Tipos de goteros

Medina (2005), menciona que un sistema de riego por goteo consta de los siguientes componentes:

- Fuente de abastecimiento de agua
- Cabezal principal
- Tuberías de conducción principal
- Tuberías terciarias
- Tuberías laterales con emisores

## ESQUEMA DE RIEGO

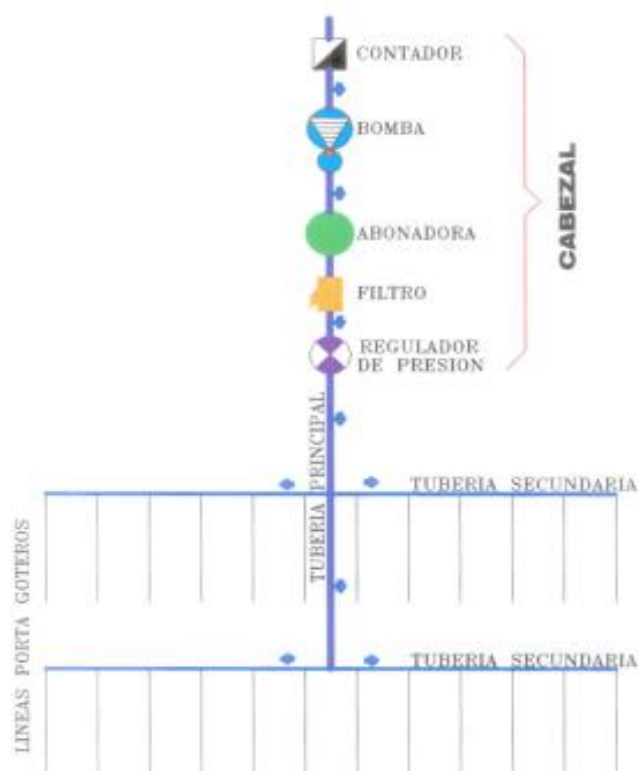


Figura 2. Esquema de riego

### 2.5. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO

La eficiencia es la relación del agua suministrada entre la cantidad de agua utilizada por las plantas, la cantidad de agua que es obtenida de alguna fuente natural es conducida a través de una tubería principal y luego es repartida a las tuberías de distribución y finalmente se deriva el agua a nivel parcela para algún cultivo. Finalmente se evalúa el caudal obtenido en la bocatoma cuánta agua de esta es utilizada para regar un cultivo y por ello es importante determinar la eficiencia del riego a fin de determinar la demanda de agua que requiere en un sistema de riego siendo este el factor más importante en el cálculo de la demanda hídrica de un sistema de riego.

La eficiencia de riego está conformada por la eficiencia de conducción en la tubería principal, eficiencia de distribución en las tuberías laterales y la eficiencia de la

aplicación a nivel de parcela, y el producto de estas nos determina la eficiencia de riego de un sistema (Núñez, 2015).

Según Antúnez, *et al.*, (2010), la eficiencia de aplicación del agua según el método de riego es la siguiente:

Método de riego	Eficiencia de riego (%)
Tendido	30
Surcos	45
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Microaspersión	85
Goteo	90

Figura 3. Métodos de riego con su eficiencia

## 2.6. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

La eficiencia del agua en el campo es el factor primordial para poder garantizar la producción alimentaria, la productividad del agua es la relación que existe entre la biomasa que está presente en el cultivo por unidad de agua utilizada, cuando se enfoca el uso del agua por un componente productivo y económico se sustituye la biomasa el rendimiento en kg de producto por m<sup>3</sup> de agua utilizada (Salazar, *et al.*, 2014)

$$Ef\ Agua = \frac{Produccion\ (kg)}{Agua\ utilizada\ (m^3)}$$

## 2.7. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA

Las estomas son importantes en la fisiología de las plantas, debido a que son responsables del intercambio de gases entre la atmósfera y la hoja y con ello evitan la excesiva pérdida de agua. Las plantas cierran sus estomas para garantizar la turgencia y mantener el metabolismo celular. En la medida que estos se cierran, se reduce la tasa fotosintética, las plantas deben ajustar de forma constante su conductancia estomática para permitir suficiente entrada de CO<sub>2</sub> y evitar pérdidas de agua innecesarias durante el estrés (Dell, *et al.*, 2017).

## **2.8. BIOMASA**

La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar, la cual, gracias al proceso de fotosíntesis, es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células, las que toman  $\text{CO}_2$  del aire y lo transforman en sustancias orgánicas, según una reacción del tipo:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H-COH} + \text{O}_2$ . En estos procesos de conversión la energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos (polisacáridos, grasas) (Fover, 2008).

## **2.9. BIOMASA SUBTERRANEA**

La biomasa subterránea es el resultado directo de la actividad fotosintética de las plantas, la biomasa es la cantidad de materia viviente de una planta y se expresa en gramos de carbono o en calorías por una unidad de superficie, también se entiende por biomasa subterránea al peso seco que tienen las sustancias vivientes de las partes subterráneas como las raíces o tubérculos que se den debajo del suelo (Martínez y Leyva, 2014).

## **2.10. MODELO MOPECO**

El modelo MOPECO (Modelo de Optimización Económica del riego), desarrollado por el CREA, Este modelo permite establecer estrategias de riego en los cultivos que optimicen el uso del agua. Fue concebido para maximizar el margen bruto de las explotaciones de regadío, al tener en cuenta tanto el volumen de agua como la superficie regable disponible. Para un determinado objetivo de déficit global, o un volumen de agua de riego limitado. Este modelo pretende ser especialmente útil en la gestión de zonas regables donde existan problemas de escasez de agua para riego (Domínguez, 2014).

El modelo MOPECO es una herramienta para identificar planes de producción óptimos y estrategias de manejo del riego. El modelo estima la cosecha, la producción, el margen bruto en función de la profundidad del riego. Las funciones de margen bruto se utilizan para determinar un patrón óptimo de cultivo y la estrategia de riego que



maximice el margen de ganancia. Las relaciones entre estas variables no son lineales, y el número de estrategias es bastante grande, determinar el proceso óptimo es muy complejo y computacionalmente intensivo; por esa razón se emplean algoritmos genéticos para identificar estrategias óptimas (Valdivieso, 2017).

### **2.11. ORDI (OPTIMIZED REGULATED DEFICIT IRRIGATION)**

El modelo MOPECO permite establecer estrategias de riego en los cultivos que optimicen el uso del agua. Fue concebido para maximizar el margen bruto de las explotaciones de regadío, al tener en cuenta tanto el volumen de agua como la superficie regable disponible. Para un determinado objetivo de déficit global, o un volumen de agua de riego limitado, calcula la estrategia de riego deficitario controlado optimizado (ORDI) que maximiza el rendimiento (Lellis, 2017).

La metodología de riego por déficit regulado optimizado (ORDI) maximiza el rendimiento de los cultivos anuales cuando el objetivo es alcanzar un déficit determinado para todo el período de crecimiento, o cuando la cantidad de agua de riego disponible es inferior a las necesidades del cultivo (Pardo, *et al.*, 2020).

### **2.12. PRD (SECADO PARCIAL DE RAÍCES)**

Es una técnica de déficit de riego que consiste en someter una parte del sistema radicular a déficit hídrico mientras la otra se mantiene irrigada. La finalidad es inducir la producción de ácido abscísico en las raíces parcialmente secas que sirva como señal para que las hojas reduzcan la apertura estomacal y de esta manera disminuya la pérdida de agua. Al mismo tiempo, las raíces bien irrigadas mantienen el follaje con buen estado hídrico (Lagos, *et al.*, 2017).

El PRD consiste en que una parte del sistema radicular es deshidratado lentamente y el resto de las raíces permanecen bien hidratadas, las señales químicas producidas en las raíces secas por efecto del estrés hídrico (ácido absísico, ABA), se transportan vía xilema a la parte aérea y reducen la apertura estomática y el crecimiento foliar y por tanto el desarrollo vegetativo (Romero, *et al.*, 2015).

### **2.13. TMY (AÑO METEOROLÓGICO TÍPICO)**

Un TMY consiste en 12 meses estadísticamente seleccionados de años individuales y concatenados para formar un año completo, dando como resultado una buena correlación entre los valores diarios de las variables climáticas tales como, la temperatura, la precipitación y la radiación solar (Pardo Descalzo, 2019), el TMY se ha adaptado para mejorar la agricultura en los diferentes cultivos para optimizar la distribución del agua de riego a lo largo del ciclo del cultivo, TMY es útil para determinar las condiciones representativas durante un período de tiempo prolongado, El método más utilizado para calcular el TMY es el método estadístico de Finkelstein-Schafer (Rodríguez, *et al.*, 2019).

El Año Meteorológico Típico, AMT, constituye una alternativa para caracterizar el clima, mediante la identificación del mes que mejor representa las características medias de ese mes a partir de registros de varios años, Se establece el AMT mediante el análisis de registros meteorológicos de precipitación, velocidad del viento, temperatura máxima, media y mínima (Viteri y Guerrero, 2013).

### **2.14. COEFICIENTE DE CULTIVO ( $K_c$ )**

Los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) se usan, junto con  $ET_0$ , para calcular las tasas de evapotranspiración de cada cultivo, pueden utilizar el valor resultante de  $ET_c$  para decidir con qué frecuencia y cuánta agua se debe aplicar en cada riego, Los coeficientes de los cultivos anuales varían a lo largo del año, entre un valor muy pequeño en las primeras etapas del cultivo y un valor mucho mayor cuando el cultivo está completamente desarrollado (Maggiora, *et al.*, 2017).

### **2.15. COEFICIENTE DE SENSIBILIDAD ( $K_y$ )**

Definir los factores de respuesta del cultivo al déficit hídrico ( $k_y$ ) permite indicar en qué período del ciclo de vida de la planta (etapa fenológica) hay mayor sensibilidad al estrés hídrico, el  $k_y$  constituye una herramienta importante para el manejo racional del

agua en los cultivos, ya que no hay cambios en las etapas fenológicas en las plantas (solo etapa vegetativa), permitiendo así optimizar el uso del agua de acuerdo a los requerimientos de cada especie (Keffer, *et al.*, 2019).

## **2.16. MAÍZ (*Zea mays*)**

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas es originaria de América del sur es una planta monocotiledónea, el maíz es uno de los cultivos básicos más importantes y extendidos en todo el mundo. Constituye una de las fuentes principales de alimento de millones de personas principalmente en América y Asia. Se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo (Sánchez, 2014).

## **2.17. TAXONOMÍA**

Según (Acosta, 2012), la clasificación taxonómica del maíz es:

Reino:	Plantae
División:	Espermatofitas o fanerógamas
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledoneae
Subclase:	Glumiflorae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceas o Gramineas
Tribu:	Maydeae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i> L

## **2.18. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

Según (OECD, 2003), la descripción botánica del maíz es:

### **2.18.1. TALLO**

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.

### **2.18.2. HOJAS**

Las hojas son de gran tamaño, largas, alternas, lanceoladas y paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

### **2.18.3. RAÍCES**

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta en algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

### **2.18.4. FLOR**

Su flor es monoica con inflorescencia femenina y masculina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina presenta una panícula de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen, en cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolló el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de 800 0 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádice que se disponen de forma lateral.

### **2.18.5. GRANO**

Grano se denomina cariósipide, no presentando latencia la semilla. El pericarpio está fundido con la testa de la semilla formando la pared del fruto. El fruto maduro consta de pared, embrión diploide y endospermo trípode. El pericarpio constituye alrededor

del 5 a 6 % de peso total del grano, la aleurona en torno al 2 o 3 %, el embrión alrededor del 12-13%, y el endospermo, mayoritario, presenta unos valores en torno al 80-85%. El resto lo constituye la piloriza que es una pequeña estructura cónica encargada junto con el pedicelo de unir el grano a la espiga.

## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Calceta-Manabí, en el campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada entre las coordenadas  $s 0^{\circ}49'27,9''$  de Latitud Sur y  $80^{\circ}10'47,2''$  de Longitud Oeste a una altitud de 17 m.s.n.m.

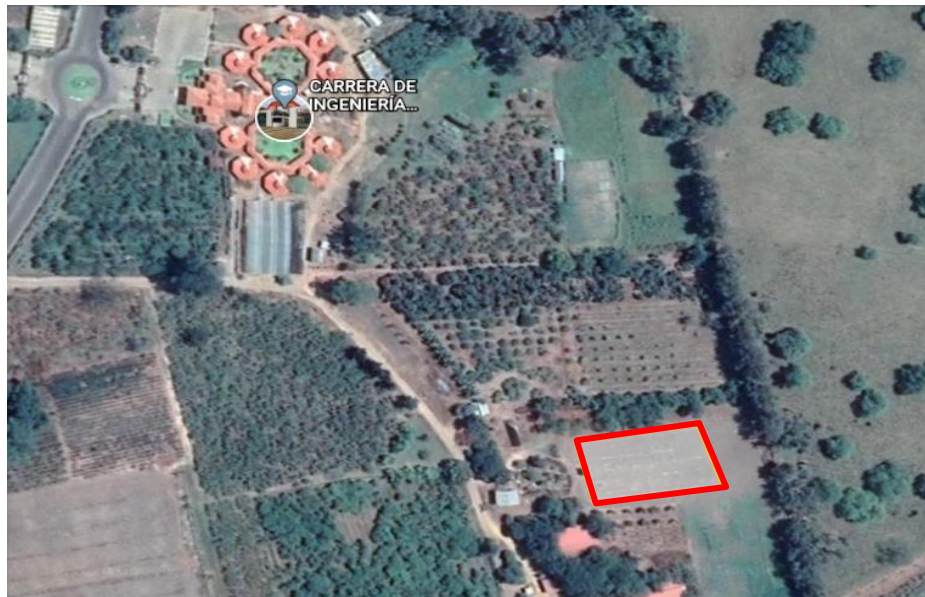


Figura 4. Área del ensayo. Fuente: 2021 Google.

### 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se realizó durante el año 2020 en los meses de agosto a diciembre.

### 3.3. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS. CLIMA

Los datos climáticos fueron obtenidos del registro histórico de la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí dichos datos son medias de 2011-2019.

	Precipitación mm	Heliofanía h	T. Máxima (°C)	T. mínima (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento m/s
Enero	229	56,93	30,42	22,26	83,63	0,44
Febrero	304	80,77	30,42	22,26	83,71	0,49
Marzo	238	121,84	30,43	22,26	83,85	0,49
Abril	118	116,41	30,38	22,25	83,98	0,44
Mayo	77	102,99	30,35	22,24	84,12	0,45
Junio	29	80,51	30,38	22,23	84,26	0,49
Julio	10	74,59	30,40	22,22	84,41	0,54
Agosto	2	97,81	30,40	22,23	84,54	0,61
Septiembre	2	97,44	30,37	22,24	84,70	0,67
Octubre	6	83,83	30,40	22,25	84,76	0,64
Noviembre	2	90,59	30,44	22,26	84,84	0,63
Diciembre	41	77,87	30,45	22,27	84,90	0,57
Media		90	30	22	84	0,54
∑ anual	1058	1082				

Fuente: Estación meteorológica de la ESPAM- "MFL" <sup>1</sup>

### 3.4. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó semillas DASS 3383 SEMILLA DOW AGROSCIENCE.

### 3.5. FACTOR EN ESTUDIO

- Estrategias de riego deficitario

### 3.6. TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS	
T1	TRATAMIENTO CONTROL 100%
T2	ORDI 70 %
T3	ORDI 70 % +PRD 1S
T4	ORDI 70 % +PRD 2S
T5	PRD 70% 1S
T6	PRD 70% 2S

## **3.7. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS**

### **3.7.1. Tratamiento 1**

Este tratamiento radica en aplicar el 100 % de las necesidades hídricas del cultivo, evitando un estrés hídrico. Se realizó un calendario de riego, en el cual se utilizó el año típico meteorológico (ATM) y a medida del ensayo se fue reemplazando los datos climatológicos calculados por los observados. El riego se aplicó mediante cintas de riego ubicadas en cada hilera del cultivo. El agua total para este tratamiento es de 225mm.

### **3.7.2. Tratamiento 2**

Para el tratamiento 2 se aplicó la metodología ORDI AL 70% (Riego Deficitario Controlado y Optimizado), esta metodología ORDI, considera los coeficientes del cultivo de maíz ( $K_y$ ) el cual distribuye el agua en volúmenes limitado a lo largo de la fase del cultivo logrando maximizar el rendimiento. El riego se aplicó mediante cintas de riego ubicadas en cada hilera del cultivo. El agua total para este tratamiento es de 157.5 mm.

### **3.7.3. Tratamientos 3 y 4**

Con el propósito de establecer una nueva metodología combinamos dos metodologías de riego, las dos metodologías a combinar fueron, ORDI (Riego Deficitario Controlado y Optimizado) el cual tiene como fin distribuir el volumen de agua a aplicar de acuerdo a cada etapa del desarrollo del cultivo, y PRD (Secado Parcial de Raíces) esta metodología consiste en la aplicación alternada del lado derecho o izquierdo de las raíces de las plantas.

El tratamiento 3 consistió en aplicar ORDI al 70% más PRD alternando una semana por el lado derecho y otra por el lado izquierdo, para el tratamiento 4 se aplicó ORDI al 70% más PRD alternando dos semanas por el lado derecho y dos semanas por el lado izquierdo.



### 3.7.4. TRATAMIENTO 5 Y 6

En estos dos tratamientos se empleó la metodología PRD aplicando el 70% de agua. El tratamiento 5 se fue alternando una semana por el lado derecho y otra por el izquierdo, en el tratamiento 6 se alternó dos semanas por cada lado, el agua total de este tratamiento es de 157.5 mm.

### 3.7.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se lo realizó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) realizando 6 tratamientos con 4 réplicas, para bloquear la pendiente del suelo.

### 3.7.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

<b>ADEVA</b>	
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>
<b>Total</b>	23
<b>Tratamiento</b>	5
<b>Bloque</b>	3
<b>Error experimental</b>	15

### 3.7.7. ANÁLISIS FUNCIONAL

Las variables que resulten con diferencias estadísticas fueron analizadas mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

## 3.8. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

Área total del ensayo	1.821,12 m <sup>2</sup>
Ancho del ensayo:	33.6 m
Largo del ensayo:	54,2 m
Forma de la UE:	Rectangular
Total, UE:	24
Ancho de la UE:	7 m

Largo de la UE:	8 m
Área total de la UE:	56 m <sup>2</sup>
Área de cálculo de la UE:	33,6 m <sup>2</sup>
Área de borde de la UE:	22,4 m <sup>2</sup>
Total, plantas en la U.E:	400 plantas
Total, plantas en el área de cálculo:	240 plantas
Total, plantas en el área de borde:	160 plantas
Densidad poblacional:	71.428 plantas ha <sup>-1</sup>
Sistema de siembra:	Hilera simple
Distanciamiento de siembra:	0,2 m x 0,7 m
Número de plantas/sitio:	1 planta
Población total del ensayo:	13.008 plantas

### 3.9. ESQUEMA DE LOS TRATAMIENTOS

	Replica 1	Replica 2	Replica 3	Replica 4
<i>Bloque 1</i>	T1	T5	T2	T3
<i>Bloque 2</i>	T4	T6	T3	T4
<i>Bloque 3</i>	T5	T3	T1	T5
<i>Bloque 4</i>	T2	T4	T5	T6
<i>Bloque 5</i>	T6	T1	T4	T2
<i>Bloque 6</i>	T3	T2	T6	T1

Figura 5. Esquema de tratamiento

### 3.10. MANEJO DEL CULTIVO

El manejo que se utilizó durante el desarrollo del proyecto es el siguiente:

#### 3.10.1. PREPARACIÓN DEL SUELO

La preparación del suelo se realizó mediante labores de corte y limpieza de maleza.

### **3.10.2. SIEMBRA**

La siembra se realizó el 21 de agosto del 2020, con el híbrido DASS 3383, con un distanciamiento de siembra, (0.70 m x 0.20 m), depositando de forma manual una semilla por sitio.

### **3.10.3. CONTROL DE MALEZAS**

Se realizó de forma manual y química. Antes de la siembra se aplicaron glifosato para eliminar toda la maleza existente y una vez germinado el maíz se trabajó con controles selectivos.

### **3.10.4. RIEGO**

Para el diseño del sistema de riego se tomó en cuenta los diferentes calendarios, por ello para cada tratamiento se le realizó una línea propia para poder controlar el agua que se le suministró, para saber la cantidad de agua suministrada a los tratamientos se colocaron caudalímetros que median la cantidad de agua que pasaba por ellos, para los tratamientos T5 y T6 que tenían la metodología PRD se tuvieron que colocar una doble línea con llaves de paso para controlar por qué lado se iba a regar, para los demás tratamientos solo fueron una línea ya que ellos constaban con la metodología ORDI.

Se realizó 3 calendarios de riego empleando el modelo MOPECO (Modelo de Optimización Económica del Agua), el cual crea calendarios de riego buscando maximizar la ganancia económica. El primer calendario de riego se empleó para el tratamiento 1 que consistió en manejarlo sin déficit hídrico; El segundo calendario se empleó para los tratamientos T2, T3 y T4 y consistió en aplicar el 70% de agua que el T1 pero aplicando la metodología ORDI (Riego Deficitario Optimizado y Regulado por Etapas) y la metodología PRD (Secado Parcial de Raíces), y el tercer calendario se empleó para los tratamientos T5 y T6 el cual consistió en aplicar el 70 % de agua aplicando la metodología PRD constante durante todo el ciclo.

### 3.10.5. FERTILIZACIÓN

Las fertilizaciones se realizaron en función del análisis de suelo y la demanda nutricional del cultivo. La aplicación de fertilizantes se realizó vía fertirriego.

PLAN DE FERTILIZACION PARA MAIZ											
Fuentes fertilizantes	Cantidad (Kg/ha/año)	Kg/ha					g/ha				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S	Zn	B	Mn	Fe	Cu
MicroEssential											
SZ	100	12	40			10	1000				
Korn Kali	375			150	23	19		800			
Sulfato de Mg	100				25	20					
Urea	400										
<b>TOTAL</b>	<b>975</b>	<b>200</b>	<b>40</b>	<b>150</b>	<b>18</b>	<b>49</b>	<b>100</b>	<b>800</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Cantidad de fertilizante a aplicarse por planta y fracción				
Estado fenológico	g/m <sup>2</sup>			
	MESZ	Urea	K.Kali	Sulfato de Mg
VE	10	10		
V6		15	19	5
V10		15	18	5
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>10</b>

Costo de fertilización			
Fuente	Cantidad	Precio U	TOTAL
MESZ	2	32	64
K.KALI	8	28	224
Sulfato de Mg	2	25	50
Urea	8	23	184
<b>Total</b>			<b>522</b>

### **3.11. VARIABLES RESPUESTA**

#### **3.11.1. ALTURA DE PLANTA**

Se tomó dos plantas por unidad experimental y se procedió a medir desde la superficie del terreno hasta el último nudo del tallo cerca de la hoja bandera

#### **3.11.2. BIOMASA**

Para determinar la variable de biomasa de los diferentes componentes de la planta (hoja, tallo, raíz, mazorca) se sustrajeron dos plantas por unidad experimental, las cuales se la introdujo en un horno de convección de aire forzado a una temperatura de 70° C durante 48 horas.

#### **3.11.3. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA**

La conductancia estomática fue registrada cada 8 días. De cada unidad experimental se escogieron dos plantas al azar, evaluando las hojas tercio medio de cada planta, para ello se utilizó el equipo porómetro POR001

#### **3.11.4. CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA EN EL SUELO**

Para registrar esta variable se utilizó el método de Reflectometría en el Dominio del Tiempo (TRD), con el cual se obtiene valores del contenido colorimétrico de agua en el suelo. Los datos se registraban de manera automática cada 30 minutos con un Catalogar marca Campbell Scientific modelo CR 200

#### **3.11.5. POTENCIAL MATRICO DEL SUELO**

Para medir esta variable, se emplearon sensores de matriz granular marca Irrrometer, modelo Watermark 200ss. El registro de estos datos se realizó de manera manual con un datalogger modelo Monitor 900 M de la marca Irrrometer; En total se emplearon 60 sensores de matriz granular.

### 3.11.6. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

La productividad del agua se define como la cosecha producida por unidad de agua consumida en la producción.

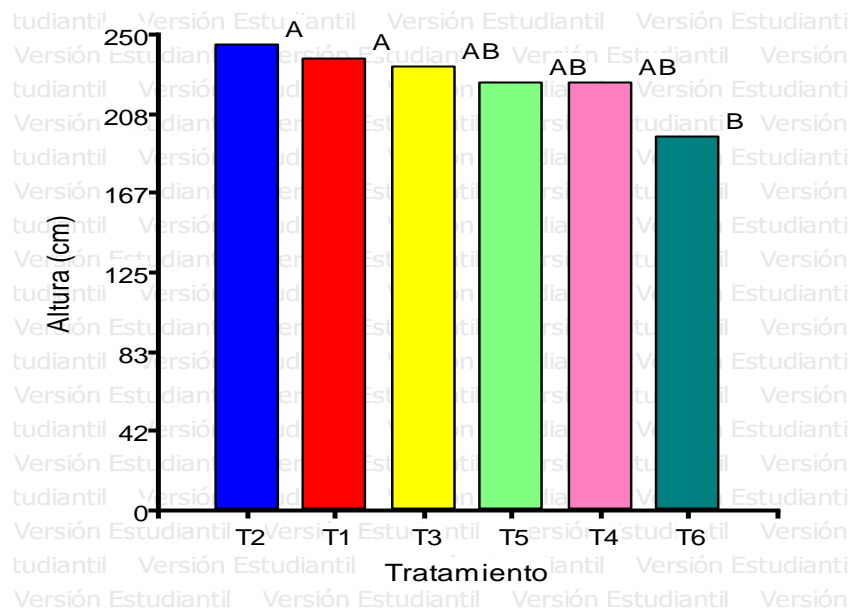
La (WP) se obtuvo mediante la relación del rendimiento obtenido sobre la cantidad de agua suministrada expresada en  $\text{Kg mm}^{-1}$ . A continuación, se describe la fórmula propuesta por (González et al., 2010)

$$WP_I \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{R(\text{kg})}{I(\text{m}^3)}$$

## CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

### 4.1. ALTURA DE PLANTA

La altura de planta fue influenciada significativamente ( $p= 0,0162$ ) por los tratamientos de riego deficitario, **la figura 6** muestra los resultados obtenidos, donde la estrategia de riego ORDI 70% (T2) alcanzó el mayor promedio de altura de planta con 246,94 cm, en relación a las demás estrategias de riego que obtuvieron menores promedios, siendo el tratamiento PRD 70% 2S (T6) el que obtuvo el promedio más bajo 194,31 cm.



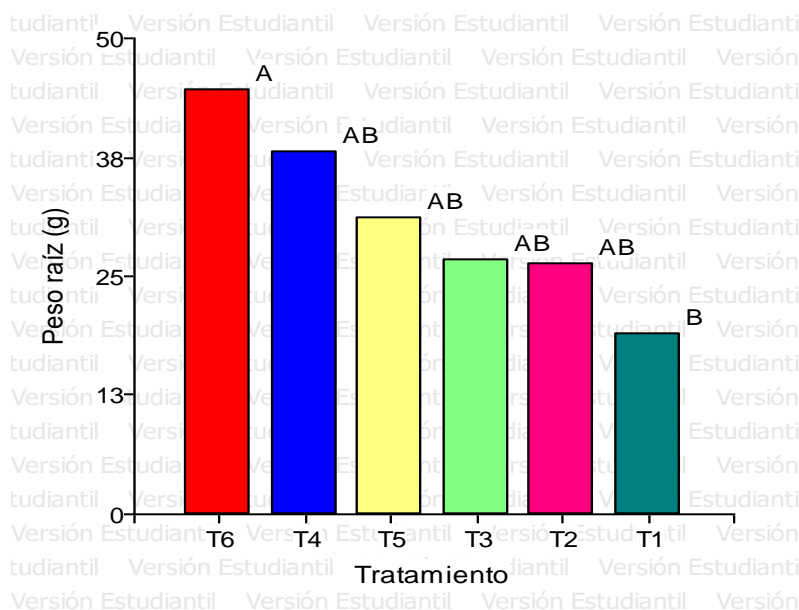
**Figura 6.** Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre altura de planta en maíz amarillo duro. Barras con letras distintas, difieren significate de acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey al 5%

Estos resultados se asemejan a los reportados por Li *et al.*, (2007), donde evaluó los beneficios del riego alternativo parcial de la zona radicular sobre el crecimiento y la eficiencia del uso del agua en el cultivo de maíz, dentro de los resultados obtenido en esta investigación manifiesta que los tratamientos con mayor cantidad de agua aplicada obtuvieron una mayor altura y los de menor cantidad de agua aplicada su crecimiento fue menor.

## 4.2. BIOMASA

### 4.2.1. RAÍZ

La variable de biomasa de raíz fue influenciada significativamente por las estrategias de riego deficitario ( $p$ -valor=  $\alpha \leq 0,05$ ). **La figura 7** muestra los resultados obtenidos entre los tratamientos, los resultados muestran que el promedio más alto fue el tratamiento PRD 70% 2S (T6) con un promedio de 44,50 g diferenciándose de otros tratamientos como el T1 (100% de agua aplicada) que solo obtuvo 19 g siendo el promedio más bajo, en los resultados de esta variable se pudo observar que los tratamientos con mayor disponibilidad de agua tuvieron los promedios más bajos, los tratamientos con el mayor estrés aumentaron su masa radicular.



**Figura 7.** Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre biomasa en la raíz en maíz amarillo duro. Barras con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo a la prueba de separación de medias de ( $p > 0,05$ )

Estos resultados son similares en el trabajo de Fu *et al.*, (2017), que evaluó El riego por goteo parcial alterno en la zona de las raíces mejora la eficiencia en el uso de agua y nitrógeno del maíz dulce-ceroso con fertirrigación con nitrógeno, utilizaron PRD como alternativa de riego y también obtuvieron que a los tratamientos con mayor déficit fueron los que tuvieron mayor masa radicular.



#### 4.2.2. VARIABLES DE BIOMASA DE HOJA, TALLO Y MAZORCA

La **Figura 8** muestra las variables que no fueron influenciadas significativamente ( $p$ -valor=  $\alpha \leq 0,05$ ) por las estrategias de riego deficitario. Donde se observa que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, hubo diferencias numéricas, siendo el T2 (ORDI 70% de agua) el tratamiento que obtuvo los promedios más altos, empleando un 30% menos de agua frente al tratamiento sin déficit.

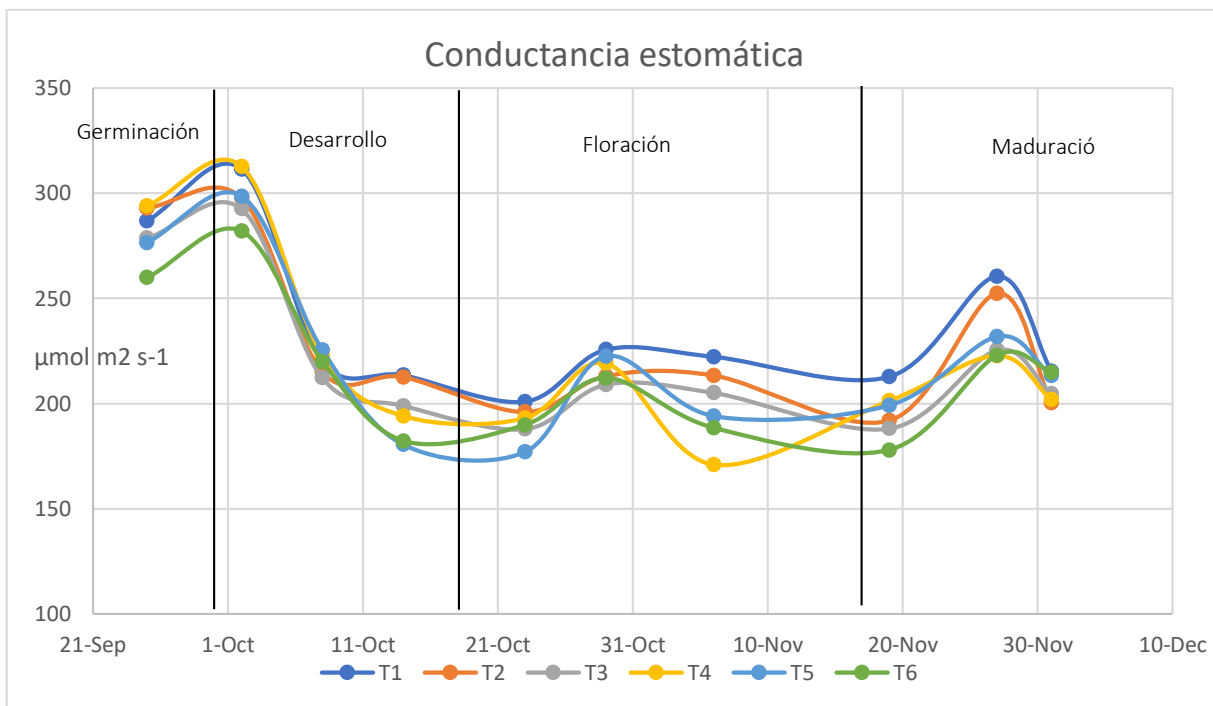
TRATAMIENTOS	BIOMASA		
	HOJA (g)	TALLO (g)	MAZORCA (g)
T1	38,00	94,00	204,75
T2	42,75	107,25	198,25
T3	41,25	74,00	199,25
T4	37,75	65,75	174,33
T5	35,25	55,75	174,00
T6	33,50	64,25	171,50

**Figura 8.** Promedios obtenidos en la investigación en las variables de biomasa de tallo, hoja y mazorcas

Estos datos se asemejan a los obtenidos por Liang *et al.*, (2013) que evaluó efectos del riego parcial alternado de la zona de las raíces sobre el rendimiento y el uso del agua del maíz pegajoso con fertirrigación, definiendo que no hubieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

#### 4.3. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA

La conductancia estomática no fue influenciada significativamente ( $p$ -valor=  $\alpha \leq 0,05$ ) por las estrategias de riego deficitario, sin embargo, si se presentó una diferencia numérica entre los tratamientos y en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo (figura 9). A lo largo de todo el ciclo del cultivo, se mantiene una tendencia que el tratamiento sin déficit presenta una mayor conductancia estomática frente a los tratamientos de riego deficitario. Además, los tratamientos que se aplicó secado parcial de raíces con el intercambio de riego cada dos semanas (T4) y (T6), fueron los tuvieron una menor tasa de conductancia estomática  $171,05 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  y  $177,97 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  en la fase de floración que es la de mayor sensibilidad hídrica.



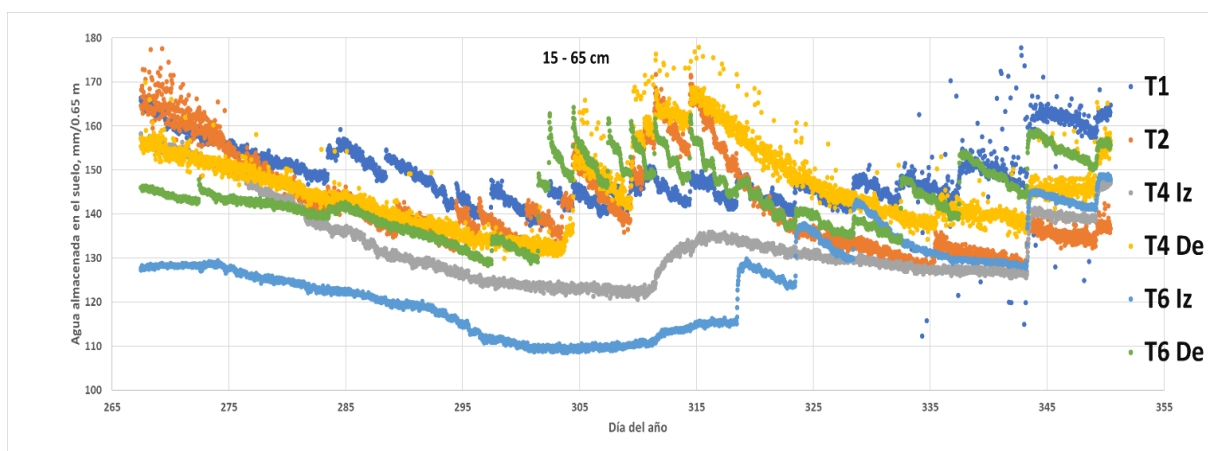
**Figura 9.** Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre conductancia estomática en cada fase de desarrollo del cultivo.

En los resultados reportados por Sampathkumar et al., (2014) y Li et al., (2007), en su investigación, donde evaluó el comportamiento de la conductancia estomática de dos variedades de maíz en condiciones de campo y riego limitado, manifiesta que el comportamiento de la conductancia estomática estaba relacionado con la cantidad de agua en el suelo, obteniendo como resultado que los tratamientos con mayor cantidad de agua aplicada obtuvieron una mayor conductancia estomática, lo cual corrobora con los datos obtenidos en esta investigación donde se empleó una metodología similar en la cual se obtuvieron resultados que se asemejan.

#### 4.4. CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA EN EL SUELO

Los resultados obtenidos en la variable contenido volumétrico de agua en el suelo, fueron analizados y representados mediante gráficos del software Excel; **En la figura 10** se puede apreciar el volumen almacenado en los 65 cm de perfil de suelo que fueron monitoreado por los sensores TDR's.

Se aprecia que el T1 (100% de agua) se mantuvo en un intervalo comprendido constante entre 160 y 140 mm de agua almacenada en el perfil de suelo, frente a los tratamientos T2 (ORDI 70% de agua), y T4 (ORDI+PRD 70 % de agua) lado izquierdo y derecho y T6 (PRD 70% de agua) lado izquierdo y derecho donde el intervalo de agua almacenada en el suelo estuvo comprendido entre 170 y 110 mm.



**Figura 10.** Efecto de varios tratamientos de riego deficitario sobre el contenido volumétrico de agua en el suelo

Los resultados obtenidos son cercanos a los hallados por Farré (2010), donde se evaluó la respuesta del maíz y sorgo al riego deficitario agronomía y modelización, donde concluyeron que los tratamientos no se vieron afectados por las estrategias de riego deficitario.

#### 4.5. POTENCIAL MATRICO DEL SUELO

La variable de potencial matrico del suelo fue representada por medios de gráficos analizados en el software Excel. **La figura 11** muestra los resultados obtenidos, en el tratamiento T1 (100% de agua) donde se pudo observar que el potencial métrico a los 20 cm fue el que tuvo mayores niveles 100 cbar, puesto que es el nivel donde se tiene mayor actividad radicular, además se pierde agua por evaporación, frente a las profundidades de 40 y 60 cm que se mantuvieron por debajo de 50 cbar.

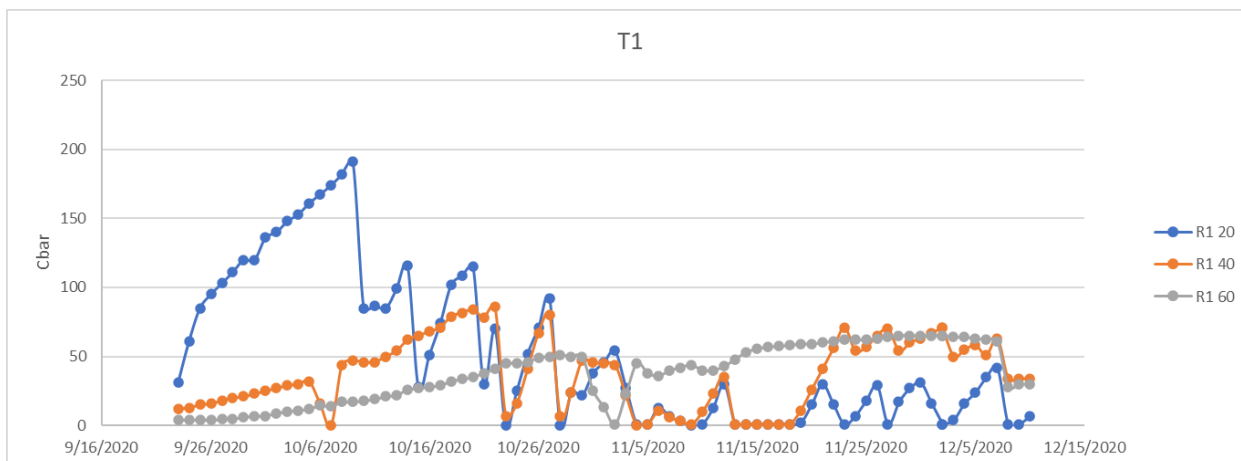


Figura 11. Potencial matrico del suelo a los 20, 40, 60 cm del tratamiento 1

La **figura 12** muestra que el tratamiento T2 (ORDI 70% de agua) las profundidades de 20, 40 y 60 cm fluctuaron a lo largo del periodo de crecimiento del maíz. La metodología ORDI al haber asignado mayor cantidad de agua en la etapa inicial al tratarse de la fase más sensible, los potenciales del suelo disminuyeron para mantenerse en capacidad de campo.

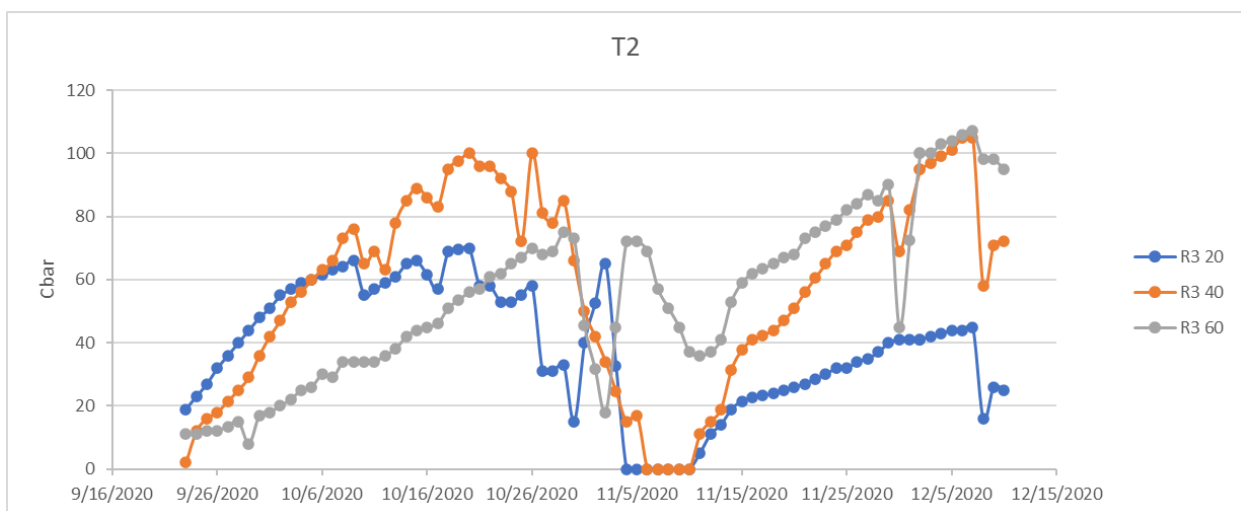


Figura 12. Potencial matrico del suelo a los 20, 40, 60 cm del tratamiento 2

La **figura 13** muestra los resultados obtenidos en el tratamiento T3 (ORDI+PRD 70 % una semana), los 4 sensores colocados a profundidades de 20 y 40 cm al lado izquierdo y derecho de la hilera del cultivo fluctuaron a lo largo del ciclo. Cuando se aplicó riego por el lado izquierdo de la hilera del cultivo, estos potenciales tienden a

descender, mientras que, en el mismo tiempo, el potencial del lado derecho tiende a aumentar, De esta manera se hace evidente que la metodología de secado parcial de raíces logra tener esas diferencias de potencial entre ambos lados de la hilera del cultivo a diferentes profundidades. Al haber combinado la metodología ORDI más la de PRD, se observa que, durante la fase de mayor sensibilidad, el algoritmo matemático asignó mayor cantidad de agua, por lo que el potencial durante esa fase tendió a ser menor que en el resto del cultivo. Los datos obtenidos se asemejan a los obtenidos en la investigación de Niño et al., (2014), donde concluyeron que un potencial mátrico del suelo entre 10 y 20 cb favorece los valores en las variables longitud de tallos y índice de área foliar.

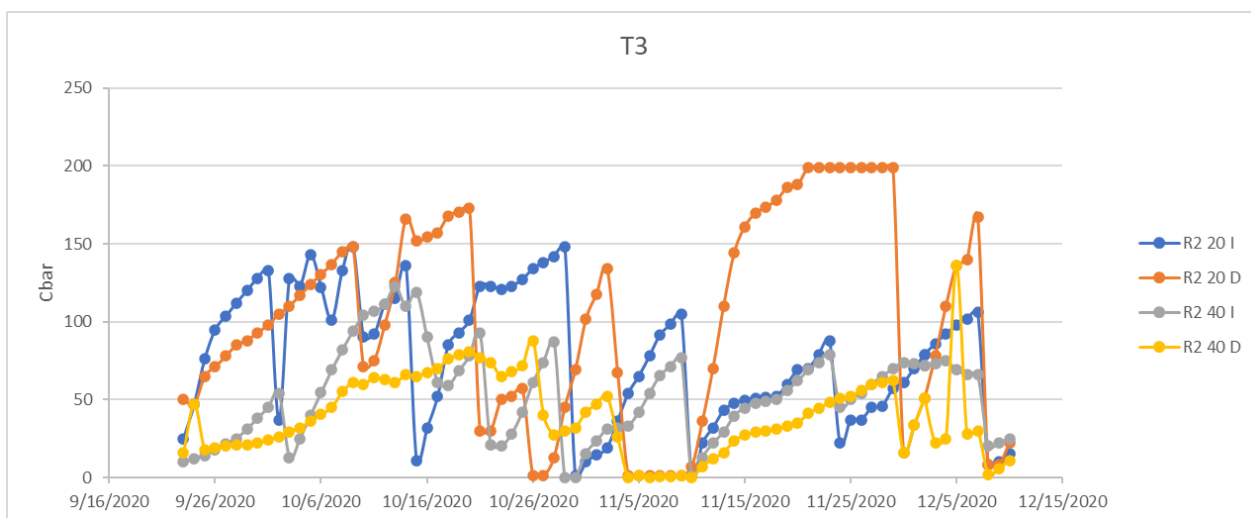


Figura 13. Potencial matrico del suelo a los 20, 40 cm del tratamiento 3

La **figura 14** muestra los resultados obtenidos en el tratamiento T5 (PRD 70% 1 semana), donde se observó una fluctuación a lo largo del ciclo de cultivo a las profundidades evaluadas de 20 y 40 cm y a ambos lados de la hilera de cultivo. En este tratamiento se pudo apreciar como los potenciales bajan y suben según el lado que se regara, se observó que cuando se aplicaba riego en un lado este valor tiende a disminuir, mientras que el lado que se deja seco tiende a aumentar.

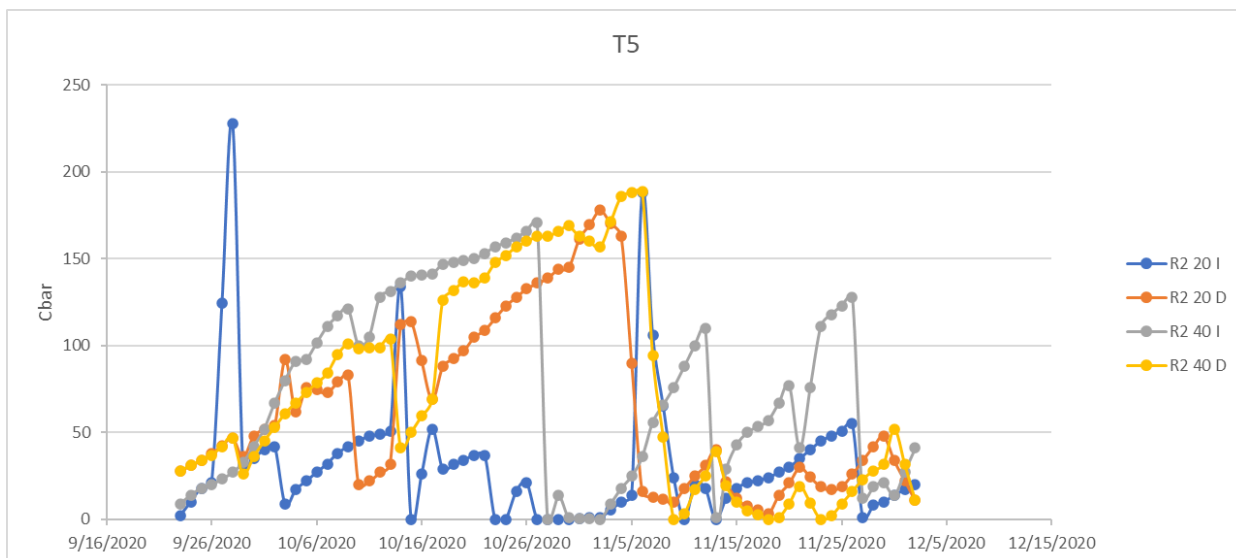


Figura 14. Potencial matrico del suelo a los 20, 40 cm del tratamiento 5

#### 4.6. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

En cuanto a la productividad del agua la cual se basa en el rendimiento obtenido sobre la cantidad de agua suministrada expresada en  $\text{Kg mm}^{-1}$  se determinó que el tratamiento T2 (ORDI 70% de agua) fue el más productivo, considerando que se aplicó una reducción del 30% y obtuvo un total de 64,35  $\text{Kg/mm}$ , con un aumento del 38,7% de rendimiento frente al tratamiento T1 (100% de agua) que obtuvo 44,93  $\text{Kg/mm}$ , al cual se le aplicó el 100% de los requerimientos hídricos de la planta.

Productividad del agua de riego $\text{Kg/mm}$		Aumento de la productividad (%)
44,93	T1	Testigo
62,35	T2	38,7%
59,80	T3	33,0%
57,46	T4	27,8%
57,73	T5	28,4%
49,92	T6	11,1%

Figura 15. Rendimiento del agua

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIÓN**

- El tratamiento con riego secado parcial de raíces (PRD) alternado cada dos semanas alcanzó mayor peso de biomasa radical con un promedio de 44,50 g.
- La conductancia estomática fue un buen indicador del comportamiento de las plantas sometidas a diferentes estrategias de riego.
- El tratamiento T2 (ORDI 70% de agua) se muestra como la mejor estrategia de riego deficitario en maíz amarillo duro.

### **5.2. RECOMENDACIÓN**

- Evaluar el contenido volumétrico y potencial del suelo a profundidades de 1 m pues se observó extracción de agua a más de 65 cm.
- Aplicar un mayor déficit hídrico para evaluar el comportamiento del híbrido DASS 3383.
- Replicar el ensayo en zonas de ladera con fines de evitar el efecto del ascenso capilar del agua

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R. (2012). Reseña. *Investigaciones de Historia Económica*, 8(1), 53–54.  
<https://doi.org/10.1016/j.ihe.2011.08.013>
- Antúnez, A., Mora, D., & Felmer, S. (2010). Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. *INIATierra Adentro*, 1, 40–43.
- Avilés, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. *La Granja*, 5(1), 28.  
<https://doi.org/10.17163/lgr.n5.2006.05>
- Bolaños Alfaro, J. D. (2013). Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica. *Revista Intersedes. Vol. XIV. N, XIV*, 17–42.
- Castillo Ávalos, Y., y Pinto Rovira, A. (2013). *Eficiencia hídrica en la vivienda*. 0(0), 159–171.
- Cevallos, C. (2008). *Diseño y cálculo de un sistema de riego por goteo para 32 ha de cultivos hortícolas y 5 ha de cultivos orgánicos en El Zamorano, Honduras*. 40.
- Cisneros Almazan, R. (2003). Apuntes de la materia Riego y Drenaje. *Universidad Autonoma de San Luis de Potosi*, 164.
- Dell, J., Rodríguez, A., y Morales Guevara, D. (2017). Comportamiento De La Conductancia Estomática De Dos Variedades De Tomate Cubanas En Condiciones De Campo Y Riego Limitado. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 137–144.
- Demin, P. (2014). Métodos de riego : fundamentos , usos y adaptaciones. *Aporte Para El Mejoramiento Del Manejo de Los Sitemas de Riego.*, 6–10.
- Dominguez, A. (2014). *MOPECO - Modelo de Optimización Económica del Riego*.
- FAO. (2002). *Cumbre mundial de la alimentación*.
- FAO. (2005). *Uso del agua en la agricultura*.
- FAO. (2017). *Escasez de agua: Uno de los grandes retos de nuestro tiempo*.
- Farré, I. (2010). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) al riego deficitario agronomía y modelización = Maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) response to deficit irrigation : agronomy and modelling. *Tesis de Doctorado*, 1 recurs electrònic (VI, 150 ).  
<http://www.tdx.cat/TDX-1120109-173023>
- Fover, M. (2008). Energía Biomasa. *Energías Renovables*, 19.



- Fu, F., Li, F., y Kang, S. (2017). Alternate partial root-zone drip irrigation improves water- and nitrogen- use efficiencies of sweet-waxy maize with nitrogen fertigation. *Scientific Reports*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17560-2>
- González, F., Herrera Puebla, J., y Teresa, S. L. (2010). *Productividad del agua en maíz , soya y sorgo en suelo Ferralítico Rojo del sur de La Habana Water productivity of corn , soybean and sorghum in Red Ferralitic soils of the south of Havana.*
- Keffer, J. F., da Silva, C. C., de Souza, A. P., da Silva, A. C., Bouvié, L., y Dias, T. K. R. (2019). Evapotranspiration and water sensitivity of amazonian yellow ipe seedlings under different shading conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(10), 733–740. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n10p733-740>
- Lagos, L. O., Lama, W., Hirzel, J., Souto, C., y Lillo, M. (2017). Evaluación de riego deficitario controlado sobre la producción de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Agrociencia*, 51(4), 359–372.
- Lanzarote, C. D. E. (2015). *Instalaciones de riego por goteo*. 12.
- Lellis, B. (2017). *Efecto del riego deficitario controlado optimizado por etapas, para volúmenes limitados de agua, en el rendimiento y la calidad del ajo morado de Las Pedroñeras.*
- Li, F., Liang, J., Kang, S., y Zhang, J. (2007). Benefits of alternate partial root-zone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in maize. *Plant and Soil*, 295(1–2), 279–291. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9283-8>
- Liang, H., Li, F., y Nong, M. (2013). Effects of alternate partial root-zone irrigation on yield and water use of sticky maize with fertigation. *Agricultural Water Management*, 116(3), 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.08.003>
- Liotta, M. (2015). Guía para la asistencia Técnica Agrícola de Nayarit. *Inta*, 15.
- Maggiore, A., Gardiol, J., y Irigoyen, A. (2017). *COEFICIENTES DE CULTIVO DE MAÍZ BASADOS EN LA EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA PENMAN-MONTEITH. August 2003*, 1–3.
- Martínez, A., y Leyva, A. (2014). La Biomasa De Los Cultivos En El Agroecosistema.

- Sus Beneficios Agroecológicos. *Cultivos Tropicales*, 35(1), 11–20.
- Martínez Valdés, Y., y Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58–72.
- Medina, J. (2005). *De operación y mantenimiento de un sistema de*.
- Mendoza, A. (2013). *Riego por goteo*. 93.
- Nieto, C., Pazmiño, E., Rosero, S., y Quishpe, B. (2018). *Available irrigation water utilization for agricultural production in two locations of the Ecuadorian highlands*. 5(1), 51–70.
- Niño, J. A., Cuervo, J. L., y Villalobos, R. (2014). Efecto del potencial mátrico del suelo en el crecimiento del cultivo de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 240–251. <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i2.2238>
- Núñez, A. (2015). *La dirección general de infraestructura Agraria y Riego – DGIAR . Tiene como función normar respecto a proyectos de riego , elaborar guías y manuales de riego , así como realizar la capacitación a los agricultores LIMA-PERÚ*.
- OECD. (2003). Consensus Document on the Biology of *Zea mays* subsp. *mays* (Maize) Environment. *Env/Jm/Mono*, 34, 1–49.
- Padrón, R. A. R., Ramírez, L. R., Swarowsky, A., y Daboín, J. R. (2014). Efecto del riego deficitario y diferentes frecuencias en la producción del cultivo de pimentón. *Interciencia*, 39(8), 591–596.
- Pardo Descalzo, J. J. (2019). *Efecto del riego deficitario controlado optimizado por etapas, para volúmenes limitados de agua, en el rendimiento y la calidad de la cebada cervecera*.
- Pardo, J. J., Martínez-Romero, A., Lélis, B. C., Tarjuelo, J. M., y Domínguez, A. (2020). Effect of the optimized regulated deficit irrigation methodology on water use in barley under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*, 228(June 2019), 105925. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105925>
- Pérez-Leira, R., Cabrera-Estupiñán, E., Hinojosa-García, M. I., y Manzaba-Carvajal, J. R. (2018). The Irrigation Regime for Crops in Manabí , Ecuador : Climatological

- Study Régimen de riego de cultivos en Manabí-Ecuador : estudio climatológico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1), 5–12.
- Rodríguez, F., Castro, A., Marín, F., Roldán, G., y Viteri Moya, F. (2019). Typical meteorological year based on the precipitation of Nanegalito and Pacto-Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(1), 197–204. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.422>
- Romero, P., Fernández, I., Maetínez, A., Gil, R., García, J., y Botía, P. (2015). *Con Un Riego Deficitario*. 30–47.
- Salazar Moreno, R., Rojano Aguilar, A., y López Cruz, I. L. (2014). Water Technology and Sciences. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, V(2), 177–183.
- Sampathkumar, T., Pandian, B. J., Jeyakumar, P., y Manickasundaram, P. (2014). Effect of deficit irrigation on yield, relative leaf water content, leaf proline accumulation and chlorophyll stability index of cotton-maize cropping sequence. *Experimental Agriculture*, 50(3), 407–425. <https://doi.org/10.1017/S0014479713000598>
- Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*. *Serie Botánica*, 7(2), 151–171.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., y Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (Vol. 66). <https://doi.org/978-92-5-308564-4>
- Valdivieso, L. (2017). Optimización de la asignación de agua de riego para los cultivos del área de influencia del Sistema Carrizal-Chone. *Universidad de Valencia*, 1–130.
- Viteri, F., y Guerrero, A. (2013). *Definición del año meteorológico típico en Base a las variables temperatura, Precipitación y velocidad del viento, de Tres Regiones Naturales del Ecuador: Costa, Sierra y Oriente*. 201.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: Análisis de suelo

**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalmé, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telef. 052 783044 suelos.eet@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre :	Valdivieso Lopez Cristian Sergio			Nombre :	ESPAM			Cultivo Actual :	:		
Dirección :	:			Provincia :	Manabi			N° Reporte :	5707		
Ciudad :	Calceta			Cantón :	Calceta			Fecha de Muestreo :	03/06/2019		
Teléfono :	:			Parroquia :	:			Fecha de Ingreso :	03/06/2019		
Fax :	:			Ubicación :	:			Fecha de Salida :	17/06/2019		

N° Muestr.	Datos del Lote		pH	meq/100ml					ppm					
	Identificación	Area		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
95260	Muestra 1		6,7	16 B	26 A	0,91 A	19 A	2,0 M	10 M	2,1 M	6,1 A	156 A	38,8 A	0,71 M

INTERPRETACION				ELEMENTOS DE N A B		METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
M.A. = Muy Acido	L.A. = Liger. Acido	L.A.I. = Liger. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	pH = Suelo agua (1:2,5)	N,P,B = Colorimetria	Otros Modificado		
A. = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Medía Alcalino		M = Medio	S = Turbidimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Ze			
MeAc = Medía Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	Fosfato de Calcio Mnebioso			
						BS			

Quevedo - Ecuador Telef. 052 783044 suelos.eet@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre :	Valdivieso Lopez Cristian Sergio			Nombre :	ESPAM			Cultivo Actual :	:		
Dirección :	:			Provincia :	Manabi			N° de Reporte :	5707		
Ciudad :	Calceta			Cantón :	Calceta			Fecha de Muestreo :	03/06/2019		
Teléfono :	:			Parroquia :	:			Fecha de Ingreso :	03/06/2019		
Fax :	:			Ubicación :	:			Fecha de Salida :	17/06/2019		

N° Muestr.	meq/100ml			dS/m	(%)	meq/100ml				(meq/l) <sup>1/2</sup>	RAS	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na			Ca	Mg	Ca+Mg	K				Σ Bases	Cl	Arena	
95260				6,2	A	9,5	2,20	23,08	21,91				24	37	39	Franco-Arcilloso

INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl	C.E. = Conductividad Eléctrica	C.E. = Conductimetrio		
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	M.O. = Materia Orgánica	M.O. = Tundación de Walkley Black		
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio	RAS = Relación de Adsorción de Sodio	RAS = Titulación con NaOH		
T = Toxicoo			A = Alto				

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

RESPONSABLE LABORATORIO



**ANEXO 2:** Limpieza del terreno



**ANEXO 3: Arado del terreno**



#### ANEXO 4: Instalación del sistema de riego



#### ANEXO 5: Prueba del sistema de riego





**ANEXO 6:** Disposición de los tratamientos



**ANEXO 7: Toma de datos de altura**



**ANEXO 8:** Toma de datos de biomasa