



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

CARRERA DE AGRÍCOLA

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

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**METODOLOGÍAS DE RIEGO DEFICITARIO SOBRE EL
COMPORTAMIENTO AGROPRODUCTIVO DE MAÍZ EN EL
CANTÓN BOLÍVAR, MANABÍ**

AUTORES:

**CÉSAR ALBERTO ESPAÑA BARRE
VALERIA ANDREINA GARCÍA ZAMBRANO**

TUTOR:

ING. CRISTIAN SERGIO VALDIVIESO LÓPEZ., Mg.Sc.

CALCETA, NOVIEMBRE DE 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

CESAR ALBERTO ESPAÑA BARRE, con cédula de ciudadanía 1313861096 y **VALERIA ANDREINA GARCÍA ZAMBRANO**, con cédula de ciudadanía 1314641034, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **METODOLOGÍAS DE RIEGO DEFICITARIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRO PRODUCTIVO DE MAÍZ EN EL CANTÓN BOLÍVAR, MANABÍ** 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, concedo 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 mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



César Alberto España Barre

CC: 1313861096



Valeria Andreina García Zambrano

CC: 1314641034

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

CESAR ALBERTO ESPAÑA BARRE con cédula de ciudadanía 1313861096 y **VALERIA ANDREINA GARCÍA ZAMBRANO** con cédula de ciudadanía 1314641034, 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: **METODOLOGÍAS DE RIEGO DEFICITARIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRO PRODUCTIVO DE MAÍZ EN EL CANTÓN BOLÍVAR, MANABÍ**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



César Alberto España Barre

CC: 1313861096



Valeria Andreina García Zambrano

CC: 1314641034

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Cristian S. Valdivieso López, Mg., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **METODOLOGÍAS DE RIEGO DEFICITARIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGROPRODUCTIVO DE MAÍZ EN EL CANTÓN BOLÍVAR, MANABÍ**, que ha sido desarrollado por, César Alberto España Barre y Valeria Andreina García Zambrano, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Cristian Sergio Valdivieso., M. Sc.

CC: 1717929283

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **METODOLOGÍAS DE RIEGO DEFICITARIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGROPRODUCTIVO DE MAÍZ EN EL CANTÓN BOLÍVAR, MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **CESAR ALBERTO ESPAÑA BARRE y VALERIA ANDREINA GARCÍA ZAMBRANO**, 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.

ING. Lenin Vera Montenegro, Ph.D.
CC:1309126462
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. José Reyna Bowen, Ph.D.
CC:1309899407
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Angel Cedeño Sacón, M. Sc.
CC: 1310353121
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 se ha forjado conocimientos profesionales día a día.

A Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, por la bendición de permitir este logro y todos los que nos proponemos.

A nuestros padres por el apoyo incondicional, económico y moral, que sin su ayuda no hubiese sido posible culminar nuestros estudios. Por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios inculcados.

Al Ing. Cristhian Valdivieso, por su asesoramiento como tutor, brindando sus acertadas recomendaciones para el establecimiento y desarrollo de nuestro trabajo de titulación.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

A Dios por estar conmigo cada día de mi vida, dándome fuerza para seguir adelante y superar cualquier obstáculo, a mis padres Deccy Marisol Zambrano Reyes, Eiter Smith García Meza, porque ellos son la motivación de mi vida y sin su apoyo no lo hubiese logrado.

VALERIA ANDREINA GARCÍA ZAMBRANO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios contando con su bendición, y por haberme dado la vida, la fortaleza, el coraje, la valentía y el ánimo de seguir adelante sin depender de nadie a excepción de mis padres.

A mis padres por apoyarme siempre y porque me han inculcado las buenas costumbres llevándome por el camino correcto, justo y moral. A mis hermanos que siempre están conmigo en las buenas y malas situaciones, y a todas aquellas personas que admiro, quiero, cuido y respeto.

A mi esposa Monserrate, por su continuo apoyo y por la motivación diaria que me da, a mis hijos que han sido mi motivación diaria para alcanzar el éxito.

CÉSAR ALBERTO ESPAÑA BARRE

CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO	ix
CONTENIDO DE CUADROS.....	xii
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. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. MAÍZ (<i>Zea mays</i>).....	5
2.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL HIBRIDO DE MAÍZ DASS 3383.....	5
2.1.2. TAXONOMÍA	6

2.1.3.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
2.2.	PRODUCCIÓN DE MAÍZ A NIVEL NACIONAL	7
2.3.	RIEGO.....	7
2.3.1.	RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS AL RIEGO 8	
2.3.2.	RIEGO DEFICITARIO	8
2.3.3.	RIEGO POR GOTEO	8
2.3.4.	MOPECO (Modelo de Optimización Económica del Riego).....	9
2.3.5.	METODOLOGÍA ORDI (Riego Deficitario Controlado Optimizado) 9	
2.3.6.	SECADO PARCIAL DE RAÍCES (PRD).....	10
2.4.	ETAPAS DEL CICLO VEGETATIVO	11
2.5.	COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c)	11
2.6.	FACTOR DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO (K_y)	12
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO		13
3.1.	UBICACIÓN	13
3.2.	DURACIÓN DEL TRABAJO.....	13
3.3.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	13
3.4.	MATERIAL VEGETAL	14
3.5.	FASES DE LA INVESTIGACIÓN	14
3.5.1.	FACTOR EN ESTUDIO	14
3.5.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	14
3.5.3.	TRATAMIENTOS	14
3.5.4.	DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	15
3.5.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	15
3.6.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	15
3.6.1.	TRATAMIENTO 1	15

3.6.2.	TRATAMIENTO 2.....	16
3.6.3.	TRATAMIENTOS 3 Y 4.....	16
3.6.4.	TRATAMIENTOS 5 Y 6.....	16
3.8.	CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL (UE).....	17
3.9.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	18
3.9.1.	PREPARACIÓN DEL SUELO.....	18
3.9.2.	SIEMBRA.....	18
3.9.3.	CONTROL DE MALEZAS.....	18
3.9.4.	RIEGO	19
3.9.5.	FERTILIZACIÓN.....	20
3.10.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	20
3.10.1.	DIÁMETRO DE MAZORCA	20
3.10.2.	LONGITUD DE MAZORCA.....	20
3.10.3.	Peso de mazorca entera	21
3.10.4.	Número de hileras	21
3.10.5.	Número de granos por hileras	21
3.10.6.	Peso de grano POR mazorca.....	21
3.10.7.	Peso por parcela	21
3.10.8.	Peso de 100 granos	21
3.10.9.	Rendimiento Productivo	21
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		23
4.1.	DIÁMETRO DE MAZORCA	23
4.2.	LONGITUD DE MAZORCA.....	24
4.3.	PESO DE MAZORCA ENTERA.....	25
4.4.	NÚMERO DE HILERAS	27
4.5.	NÚMERO DE GRANOS POR HILERA.....	28
4.6.	PESO DE GRANOS POR MAZORCA.....	29

4.7. PESO POR PARCELA.....	30
4.8. PESO DE 100 GRANOS.....	31
4.9. RENDIMIENTO PRODUCTIVO.....	32
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
5.1. CONCLUSIONES.....	33
5.2. RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXOS.....	44

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 2.1. Características del híbrido DASS 3383	5
Cuadro 2.2. Clasificación taxonómica del maíz	6
Cuadro 3.1. Datos de condiciones climáticas	14
Cuadro 3.2. Tratamientos	15
Cuadro 3.3. Esquema ADEVA	15
Cuadro 3.4. Esquema de los tratamientos	17
Cuadro 3.5. Plan de fertilización para maíz amarillo duro	20
Cuadro 3.6. Cantidad de fertilizante a aplicarse por planta y fracción	20
Cuadro 3.7. Costo de la fertilización	20

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Área del ensayo	13
Figura 1. Diámetro de mazorca	23
Figura 2. Longitud de mazorca	24
Figura 3. Peso de mazorca entera	25
Figura 4. Número de hileras	26
Figura 5. Número de granos por hilera	27
Figura 6. Peso de granos por mazorca	28
Figura 7. Peso por parcelas	29
Figura 8. Peso de 100 gramos	30
Figura 9. Rendimiento productivo	31

RESUMEN

En el transcurso del tiempo el recurso hídrico se vuelve cada vez más escaso, por ende, el sector agrícola al ser el mayor consumidor del agua, se ve obligado a optimizar la eficiencia de la misma. Bajo esta premisa se desarrolló el presente trabajo de investigación, cuyo objetivo fue evaluar metodologías de riego sobre la respuesta agroproductiva del cultivo de maíz (*Zea mays*) en el Cantón Bolívar, Manabí; se evaluaron diferentes metodologías de riego deficitario: riego deficitario optimizado por etapas (ORDI) y secado parcial de raíces (PRD), conformando los siguientes tratamientos: T1: tratamiento control sin déficit, T2: ORDI 50 %, T3 ORDI 50 % + PRD 1 semana, T4 ORDI 50 % + PRD 2 semanas, T5 ORDI 50 % 1 semana, T6: ORDI 50 % 2 semana; empleando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con un total de 24 unidades experimentales; para la cual se evaluaron variables del comportamiento agroproductivo; entre los resultados más relevantes, se obtuvo que los tratamientos 1 y 2, presentaron los mayores rendimientos agroproductivos, alcanzando un rendimientos promedios de 8,81 y 7,37 Mg/ha⁻¹ de maíz seco duro respectivamente; en cuanto a la productividad del agua, el T2 y T5, presentaron la mayor productividad con un valor promedio de 38,39 y 36,66Kg/mm respectivamente; haciendo de esta manera el uso más eficiente del agua en relación a los demás tratamientos.

PALABRAS CLAVES

Riego, deficitario, ORDI, MOPECO, PRD

ABSTRACT

In the course of time, water resources are becoming increasingly scarce; therefore, the agricultural sector, being the largest consumer of water, is forced to optimize its efficiency. Under this premise, the present research work was developed with the objective of evaluating irrigation methodologies on the agro-productive response of corn (*Zea mays*) in Bolivar Canton, Manabi; different deficit irrigation methodologies were evaluated: optimized deficit irrigation by stages (ORDI) and partial root drying (PRD), forming the following treatments: T1: control treatment without deficit, T2: ORDI 50 %, T3 ORDI 50 % + PRD 1 week, T4 ORDI 50 % + PRD 2 weeks, T5 ORDI 50 % 1 week, T6: ORDI 50 % 2 weeks; using a completely randomized block design (DBCA), with a total of 24 experimental units; for which variables of agro-productive behavior were evaluated; among the most relevant results, it was obtained that treatments 1 and 2, presented the highest agro-productive yields, reaching an average yield of 8.81 and 7.37 Mg/ha-1 of dry hard corn respectively; In terms of water productivity, T2 and T5 showed the highest productivity with an average value of 38.39 and 36.66 kg/mm, respectively, thus making the most efficient use of water in relation to the other treatments.

KEY WORDS

Deficit, irrigation, ORDI, MOPECO, PRD

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La FAO (2021), considera que, la degradación de la tierra, la escasez de agua y el cambio climático provocados por el ser humano están incrementando los niveles de riesgo para la producción agrícola y los servicios ecosistémicos en los momentos y lugares en los que más se necesita el crecimiento económico. Según El comercio (2020) en la Provincia de Manabí el sector maicero, es el más afectado por la escasez de agua; en enero del 2020, la Corporación de Maiceros de Manabí, emitió un informe, donde reportó una afectación en al menos 108 000 hectáreas.

Deras (2012), manifiesta que la falta de agua es un factor limitante en la producción de maíz sobre todo en zonas tropicales; además, expresa que el estrés hídrico, durante las primeras etapas del cultivo (15 a 30 días) puede causar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo de esta manera la densidad poblacional o detener su crecimiento o desarrollo. Al mismo tiempo Ibarra *et al.* 2020 expresa que el estrés por sequía, es la principal causante de la reducción del rendimiento del maíz en los trópicos, especialmente en la agricultura la cual depende de lluvias, por lo que es necesario aplicar genotipos con tolerancia a la sequía.

Según la encuesta realizada por INEC (2021) se puede observar que la superficie en el año 2020 fue de 822.5 miles de hectáreas de labor agropecuaria en cuanto a cultivos transitorios; obteniendo una superficie cosechada de maíz seco duro de 341.3 miles de hectáreas a nivel nacional. El informe presentado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) indica que el cambio climático, los daños que se están presentando actualmente en el suelo y el riesgo hídrico de las zonas agrícolas a nivel mundial, están poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de alrededor de 3.200 millones de personas, debido a que las lluvias no son muy frecuentes, provocando el deterioro de los cultivos y plantaciones, por lo que se estima una reducción en la productividad por falta de rendimiento (El Productor, 2022).

Ante lo mencionado, se plantea la siguiente pregunta, alrededor de la cual se desarrolla la presente investigación: ¿Las metodologías de riego deficitario influyen sobre el comportamiento agroproductivo de Maíz (*Zea mays*) en el cantón Bolívar, Manabí?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Según la FAO (2011) citado por Sifuentes *et al.* (2021) el maíz es la tercera gramínea más importante a nivel mundial con 20% de la superficie cosechada cada año bajo riego, localizada principalmente en zonas áridas y semiáridas en donde hay una alta variabilidad en los volúmenes de agua disponible. El maíz es uno de los productos con mayor consumo en el mundo, no solo sirve como alimento para el ser humano, sino que, además sirve como alimento para animales de granja (Baca, 2016).

En el Ecuador cada año se produce alrededor de 1,2 millones de toneladas métricas de maíz, para la cría de aves, cerdos y ganado; según los datos reportados por la Corporación Nacional de Avicultores (Conave), en el 2019 el Ecuador importó un total de 28.000 toneladas de maíz; obteniendo en este mismo año una producción de 1'480.000 toneladas, según la encuesta de Superficie, Producción y Rendimiento del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), convirtiéndose en el principal cultivo transitorio del país, seguido del arroz y la papa (El expreso, 2021).

Para Albán *et al.* (2021) en los últimos años el maíz amarillo duro que se ha cultivado principalmente en la Región Costa, obteniendo importantes incrementos en el rendimiento promedio del cultivo; esto se debe principalmente a aspectos relacionados a la innovación en el uso de semillas certificadas, riego y técnicas de nutrición de cultivo.

El cultivo del maíz es una planta que presenta una demanda hídrica de 500 y 800 mm, sin embargo, la sequía y la escasez de agua son los elementos predominantes que limitan la producción agrícola en las regiones áridas y

semiáridas del mundo (Chen *et al.*, 2019 citado por Tapia *et al.*, 2021). En la actualidad existen muchas investigaciones que centran su búsqueda en alternativas que ayuden a reducir el consumo de agua en la producción de maíz; justamente dentro de estas acciones, el riego localizado por goteo surge como una alternativa factible; debido a que reduce las dosis de agua, con un ahorro significativo de la misma y al mismo tiempo genera mayor aprovechamiento de este recurso hídrico por parte de la planta (Wittling *et al.*, 2019 citado por Tapia *et al.*, 2021).

Moreno (2009) considera que, a lo largo de la evolución, las plantas han desarrollado diferentes respuestas de adaptaciones, que le permiten sobrevivir bajo condiciones de constante déficit hídrico; estas adaptaciones, están principalmente relacionadas con una mayor capacidad de tomar agua, permitiendo el uso más eficiente de este recurso; algunas plantas poseen adaptaciones como el desarrollo del metabolismo C4 y del metabolismo ácido de las crasuláceas o CAM, que les permiten explotar ambientes más áridos.

Wuet *et al.* (2018) citado por Tapia *et al.* (2021) manifiestan que el riego deficitario es una alternativa, que incrementa el rendimiento de los cultivos, permite el uso eficiente del agua y mejora el comportamiento fisiológico de las plantas, alcanzando una mayor absorción del agua mediante el sistema radicular de la planta; además señalan que el riego deficitario, presenta rendimientos de granos similares a los obtenidos mediante riego completo; ahorrando, alrededor de 121-197 mm de agua por temporada.

El presente trabajo de titulación contribuye al aprovechamiento del Sistema de Riego Carrizal-Chone, el cual tiene un área de influencia de poco más de 10.000,00 hectáreas, que abarca principalmente los cantones Bolívar, Junín, Tosagua y Chone; el objetivo principal de este sistema de riego es que el sector agrícola tenga un importante avance tecnológico, al pasar de agricultura de secano o de riego por inundación a un sistema de riego presurizado principalmente adoptando el riego por goteo (Valdivieso, 2017).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de metodologías de riego deficitario sobre el comportamiento agroproductivo de Maíz (*Zea mays*) en el cantón Bolívar, Manabí.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el efecto del riego deficitario sobre el rendimiento agroproductivo del maíz (*Zea mays*).
- Evaluar la metodología de riego deficitario que mejore la productividad.

1.4. HIPÓTESIS

Los métodos de riego deficitario mejorarán el comportamiento agroproductivo de Maíz (*Zea mays*) en el cantón Bolívar, Manabí.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. MAÍZ (*ZEA MAYS*)

El maíz es una gramínea anual originaria del continente americano, y que se introdujo en Europa en el siglo 17; durante los siglos, su consumo se popularizó hasta ser hoy en día el cereal de mayor producción mundial (Dávila, 2016). Sin duda, es indiscutible que el maíz es un alimento que tiene infinidad de posibilidades de preparación, y que no solo varía de país en país, sino que incluso puede presentar diferentes aplicaciones dentro de un mismo territorio. En ese sentido, como lo menciona Peña (2014) y el Fideicomiso Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2016), las características nutricionales de este alimento lo hacen muy solicitado para la fabricación de proteína animal, así como para la preparación de diferentes productos para el consumo humano.

2.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL HÍBRIDO DE MAÍZ DASS 3383

La semilla de Maíz DAS 3383, es un híbrido para doble propósito (grano y forraje), posee una calidad de grano sobresaliente, excelente cobertura de mazorca y presenta una gran tolerancia al pregerminado del grano (Carrasco, 2022).

FarmAgro (2020) indica que las características descritas a continuación son un promedio de varias localidades y que estas, pueden variar debido a las condiciones ambientales y del manejo del cultivo.

Cuadro 2.1. Características del híbrido DASS 3383

Ciclo	115-120 días
Altura de planta	2,25-2,35m
Altura de mazorca	1,15-1,25m
Días para floración	53-55
Rendimiento	8-10TM/ha (180-200 qq/ha)
Tolerancia a enfermedades: Tizón foliar	2,45
Curvularia	2,75
Roya	1,50
Cinta roja	1,55
Población en miles de plantas/hectárea a una distancia entre surcos de 80-85cm	62,500mil/ha

Fuente: (FarmAgro, 2020)

2.1.2. TAXONOMÍA

A continuación, en el cuadro 2.1 se detalla la clasificación taxonómica del maíz:

Cuadro 2.2. Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Maydeas
Genero	Zea
Especie	Zea mays

Fuente: Tomado de Valverde (2015)

2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

A continuación, en los siguientes puntos se expone la morfología del maíz de acuerdo a Obando (2019):

Raíz: surge del embrión una vez que la semilla ha germinado. En el caso de esta planta, las raíces alcanzan una profundidad de hasta 1.8 metros y pueden ser de tres clases: primarias, adventicias y de sostén.

Tallo: se compone de una membrana externa protectora, una capa de haces vasculares, y la médula que es blanda y blanquecina. A lo largo del tallo se disponen las hojas, flores, frutos y semillas, y su tarea es conducir el agua y los minerales desde la raíz hasta la parte superior de la planta.

Hojas: la planta de maíz tiene entre 15 a 30 hojas que se desarrollan arriba de los nudos, y que cuentan con una cara superior pilosa e inferior glabra. Cabe indicar que las hojas tienen estomas que hacen parte de la respiración de la planta.

Flores: las flores son de ambos sexos: las masculinas se consolidan en la espiga, mientras que las femeninas crecen en las panojas (o mazorcas) que surgen desde las axilas de las hojas (las que se encuentran en el tercio medio).

Grano: en el caso del maíz este es su fruto, y puede llegar a tener entre 400 a mil granos por mazorca, y se disponen en hileras de 30 a 60 granos. Cada uno de estos frutos está compuesto por una cariósipide que tiene tres partes: la pared, el endosperma triploide y el embrión diploide.

2.2. PRODUCCIÓN DE MAÍZ A NIVEL NACIONAL

Como lo indica Guerrero (2018), el maíz es uno de los granos de mayor cultivo del país debido a que tiene una trascendencia histórica, pues las nacionalidades indígenas lo usan como parte esencial de su alimentación, los antepasados lo consideraban una fuente de vida, y su producción data de hace varios siglos atrás. Es así que el maíz trasciende de ser una planta a convertirse en una trascendental actividad económica para las familias que se dedican a su producción.

De acuerdo a cifras del "Informe de Rendimientos Objetivo de Maíz Amarillo Duro 2019" del Ministerio de Agricultura y Ganadería, que estuvo a cargo de Lliveros (2019), en este año el rendimiento fue de 6.56 t/ha, tomando en cuenta un 13% de índice de humedad y 1% de impurezas. Además, es importante destacar que en Ecuador se tienen dos ciclos de producción establecidos: el invierno, época en donde el rendimiento fue de 6,55 t/ha, y el verano, temporada en la que la cifra asciende a 6,55 t/h.

En este contexto, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2020), en el 2019 la cosecha de maíz duro seco fue poco menos de 322.900 hectáreas, cifra que es 11.6% menor que el año anterior. Además, las provincias que mayor cantidad de producción generan son Los Ríos (casi 43,8%), Manabí (con 28,1%) y Guayas (16,3%)

2.3. RIEGO

Como lo reflexiona Blanco (2019), se conoce como riego al aporte de agua que se debe realizar en los cultivos mediante el suelo, y cuyo enfoque esencial es suplir la falta de precipitaciones de lluvia que ocurre en épocas de verano, de tal manera que el terreno siga siendo apto para cultivar. Aunque en primera instancia el objetivo es este, su incidencia trasciende hacia otros factores como el tener mayor eficiencia de recursos en términos económicos, de tiempo y de mano de obra, así como mejorar el tamaño y la calidad de la producción (Simón, 2018).

En este contexto, entre la década de los setenta y finales de los ochenta, el sistema de riego crece en Latinoamérica y el Caribe de 10.173 millones de hectáreas a 15.2381 millones, siendo Brasil y México los países en los que más se evidencia

este crecimiento. Es así que actualmente el riego juega un rol esencial para que la actividad agraria del continente se desarrolle con eficiencia (Ogasawara, 2017; Herrera y Nieto, 2019).

2.3.1. RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS AL RIEGO

Se considera que un sistema de riego es adecuado cuando se incrementa el rendimiento y la calidad de los cultivos. Para ello, es necesario tomar en cuenta que se debe realizar una correcta planificación en base a la función agua-rendimiento, con el fin de establecer acciones estratégicas para aumentar la producción del cultivo mediante el uso eficiente del líquido vital (Santillano *et al*, 2018; Cisneros *et al.*, 2015).

2.3.2. RIEGO DEFICITARIO

Este es un recurso que ayuda a racionalizar el uso del agua, y tiene un impacto bastante bajo en la producción del cultivo. Por ende, es una alternativa ideal para hacer frente a la escasez hídrica que sufren varios sectores, en donde se logra un ahorro de hasta el 40% de agua con riego diario y del 20% con riego cada dos días, sin tener una reducción considerable de producción (Rodríguez *et al.*, 2014).

Como lo indica Lagos *et al.* (2017), al aplicar el riego deficitario controlado (RDC) de manera moderada, en cualquiera de las fases de crecimiento de la planta, se genera estrés hídrico, y ocasiona cambios positivos en la calidad del fruto. Para que esto ocurra se requiere establecer estrategias basadas en un proceso de optimización agrícola, investigación de campo, y tener un conocimiento exacto con respecto a la reacción del cultivo ante dicho estrés, así como su capacidad de soportar estados de sequía lo cual varía de acuerdo al genotipo y etapa fenológica.

2.3.3. RIEGO POR GOTEO

Este riego es un método a presión que ha trascendido de ser un simple sistema a ser una tecnología agraria totalmente robusta, que ha dado paso a nuevas prácticas para el desarrollo agrícola. Este proceso es ampliamente utilizado debido a que evidencia una mejor distribución del líquido en la planta, precisamente porque se

enfoca en optimizar el uso del agua, lograr una alta eficiencia (entre 85% a 95%), y disminuir los costos operativos (Quizhpe, 2010; Laura y Blanco, 2016).

El riego por goteo se lo suele implementar con mayor frecuencia en lugares áridos, en donde el agua lluvia escasea y se torna indispensable el riego directo en el cultivo. Es así que el agua penetra en el suelo (no en todo el terreno, sino donde se encuentra el gotero) con el fin de irrigar las raíces de la planta, por ende, no es requerido tener un caudal de alta presión, todo lo contrario, funciona bastante bien con presiones bajas de fuentes subterráneas y de agua lluvia (Erazo, 2015).

2.3.4. MOPECO (MODELO DE OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA DEL RIEGO)

Este modelo es creado por el Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), y se constituye como un recurso que aporta a definir la más adecuada distribución de los cultivos con el fin de optimizar el margen bruto ante el uso de un sistema de riego. Es así que, gracias a este modelo, se pueden obtener diferentes resultados como las fechas de riego, e incluso la relación entre riego y margen bruto.

Valdivieso (2017) afirma que MOPECO es un óptimo recurso para determinar las mejores estrategias de producción y riego, pues permite realizar una aproximación de la cosecha, de la producción y del margen bruto en base a tres fases: estimación de las necesidades netas de agua; resultados de la relación de la profundidad de riego y margen bruto; y determinar el tipo de cultivo, la cantidad de agua requerida y, en general, la planificación. Precisamente, dentro de este último se cuenta con una función que se destina para establecer un patrón de cultivo ideal, así como el proceso de riego que permita maximizar las ganancias. Lógicamente, como lo indica el autor las variables no tienen una relación lineal, por lo tanto, las estrategias pueden ser totalmente variadas, y para definir la más adecuada se requiere de un proceso de cómputo complejo en donde, inclusive, intervienen algoritmos genéticos.

2.3.5. METODOLOGÍA ORDI (RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO OPTIMIZADO)

ORDI es un método que aporta contundentemente al ambiente, pues se enfoca en reducir el consumo del agua en los cultivos, y es totalmente beneficioso cuando la

situación climática no es óptima debido a que trabaja con cantidades limitadas de agua y genera un alto rendimiento. Entre los beneficios de este tipo de riego es que se aprovecha en gran medida el agua lluvia, se logra un mejor rendimiento de los recursos hídricos y se tiene menos impacto en las aguas subterráneas (Pardo, 2018).

Conceição et al. (2015) afirma que ORDI logra optimizar el rendimiento para un cierto índice de ETa/ETm objetivo global. Para ello, el modelo considera el rendimiento potencial, la ETm de cada fase del cultivo (se toma como referencia un año), los datos del coeficiente Ky (susceptibilidad al estrés hídrico de cada fase del cultivo, y que tiene que calibrarse con antelación de acuerdo al piso climático y tipo de cultivo), y la relación ETa/ETm global objetivo. Para tal efecto, este modelo utiliza un programa de optimización no lineal que permite definir la relación ETa/ETm teóricas para cada fase de Ky .

2.3.6. SECADO PARCIAL DE RAÍCES (PRD)

El PRD es una estrategia sumamente prometedora que busca fortalecer la agricultura en lugares donde no se cuenta con suficiente agua (Alrajhi *et al.*, 2016). Esta técnica se fundamenta en los mecanismos que hacen parte del proceso de transpiración de la planta, así, una sección de las raíces se seca paulatinamente mientras que la otra parte se mantiene con un adecuado riego; este proceso se alterna de lado cada 7 a 15 días según las condiciones del suelo (Piña, 2015).

El secado parcial se enfoca en crear al mismo tiempo zonas húmedas y secas en las raíces, de tal manera que solo se irriga una parte del sistema radicular durante un periodo de tiempo definido, y posteriormente se alterna con el espacio que estaba siendo secado. Como lo indica Rojas *et al.* (2007), el objetivo del PRD es fomentar la generación de ácido abscísico (ABA) en las raíces que no se humedecen, de tal manera que las hojas disminuyan la apertura estomática y la pérdida de agua; en cambio, las raíces que sí se irrigan permiten mantener el follaje con un adecuado nivel de humedad.

2.4. ETAPAS DEL CICLO VEGETATIVO

Oñate (2016) menciona que las fases fenológicas son las siguientes:

- **Días a la etapa inicial:** inicia en la siembra y se extiende hasta que el cultivo se establece en el campo y alcanza aproximadamente el 10% de la superficie. Además, durante esta fase se desarrollan las cuatro primeras hojas.
- **Días a la etapa del desarrollo del cultivo:** esta fase comprende desde el final de la anterior etapa hasta que el cultivo alcanza entre el 70% y 80% de la superficie, y se da paso al comienzo de la floración.
- **Días a la etapa intermedia:** comprende desde el final de la etapa previa hasta el comienzo de la maduración del cultivo, que se evidencia por el envejecimiento del follaje.
- **Días a la etapa final:** culmina con la cosecha o bien con el total envejecimiento de la planta. Durante esta fase la necesidad hídrica decrece progresivamente.

2.5. COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)

Este coeficiente es un elemento importante para conocer las necesidades hídricas de la planta, por lo tanto, es fundamental que se ejecuten estudios en donde se tome en cuenta el Kc en las diversas zonas, las repercusiones en el suelo, en el clima y en el cultivo per se (Campoverde, 2017). Además, como lo menciona Tenelanda (2017), es importante considerar que en el proceso de desarrollo del cultivo el coeficiente evidencia las variaciones en la vegetación y en el nivel de cobertura del terreno, por lo tanto, el Kc está representado por la curvatura del coeficiente del cultivo que se compone de tres valores: etapa inicial de Kc, etapa media de Kc y etapa final Kc.

Cabe indicar que los valores que inciden en este coeficiente son el día de la siembra, el proceso de crecimiento del cultivo, el tiempo de la fase vegetativa, las características climáticas y la regularidad de la lluvia o el riego (sobre todo en la etapa de crecimiento) (Martínez, 2017).

2.6. FACTOR DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO (KY)

La eficacia de los riegos deficitarios se determina por el Ky, el cual brinda una aproximación del resultado que ha tenido el déficit de riego en el rendimiento del cultivo en cada una de las etapas, por lo tanto, permite tener una noción más acertada con respecto a la tolerancia al estrés hídrico (Dalmasso, 2016).

Además, de acuerdo a la Food and Agriculture Organization (FAO, 2012), el Ky permite capturar la naturaleza de las tan complicadas relaciones que suceden entre la producción y la utilización de agua en el cultivo, en donde se desatan reacciones biológicas, físicas y químicas. Es así que este factor es único para cada cultivo y cambia durante cada fase de crecimiento de la siguiente manera:

Ky >1: comienza cuando la reacción del cultivo es sumamente susceptible al estrés hídrico. Aquí disminuye el rendimiento de manera proporcionalmente mayor al progresivo decrecimiento del uso de agua.

Ky <1: en esta etapa el cultivo presenta mayor tolerancia el déficit de agua y una mejora parcial, pues muestra una reducción del rendimiento que es proporcionalmente más baja debido a la reducción del agua.

Ky =1: aquí, el rendimiento decrece de manera directamente proporcional como lo hace el agua.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se desarrolló en la Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación Frutales # 2 del Campus Politécnico de la ESPAM-MFL, ubicada en el Sitio El Limón, perteneciente al Cantón Bolívar, Manabí. Situada geórgicamente en las siguientes coordenadas: Latitud Sur: 0° 49' 23", Longitud Oeste: 80° 11' 01" y una Altitud de 15msnm.



Figura 1. Área del ensayo
Fuente: Google Earth 2021

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo de investigación, tuvo una duración de seis meses, a partir de su aprobación; desarrollándose desde el mes de junio hasta noviembre del 2021.

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El Campus Politécnico, situado en el Sitio El Limón presentó los siguientes promedios de condiciones climatológicas durante el 2011 al 2021; los mismos que fueron obtenidos del registro histórico de la Estación Meteorológica de la ESPAM-MFL.

Cuadro 3.1. Datos de condiciones climáticas

	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
Σ anual	1058	1082				

Fuente: Estación meteorológica de la ESPAM - "MFL"

3.4. MATERIAL VEGETAL

El material experimental utilizado en la presente investigación fue el híbrido de maíz DASS 3383, el cual proviene de la empresa DOW AGROCIENCE.

3.5. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. FACTOR EN ESTUDIO

- Metodologías de riego deficitario

3.5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Experimental

3.5.3. TRATAMIENTOS

Los tratamientos establecidos en la presente investigación; estuvieron conformados por las siguientes metodologías de riego deficitario: ORDI (Riego deficitario optimizado por etapas) y PRD (Secado parcial de raíces); destinando a cada uno de ellos el 50% del requerimiento hídrico del cultivo, a excepción del tratamiento Control.

Cuadro 3.2. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Tratamiento Control sin déficit 100%
T2	ORDI 50%
T3	ORDI 50 % + PRD 1 semana
T4	ORDI 50 % + PRD 2 semana
T5	PRD 50 % 1 semana
T6	PRD 50 % 2 semana

Fuente: Los autores

3.5.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

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

3.5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se muestra a continuación:

Cuadro 3.3. Esquema ADEVA

ADEVA	
Fuente de variación	Grados de Libertad
Total	23
Tratamiento	5
Bloque	3
Error Experimental	15

Fuente: Los autores

3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

3.6.1. TRATAMIENTO 1

Al tratamiento 1 se le otorgó el 100% del riego necesario, para la cual se elaboró un calendario de riego, utilizando el año típico meteorológico (ATM) perteneciente al área de estudio; los datos climatológicos establecidos durante los años 2011-2021, fueron sustituidos por los datos obtenidos durante el tiempo en que se desarrolló la presente investigación, la aplicación del regadío se lo efectuó, mediante una cinta de riego por goteo, la cual fue instalada en el cultivo, al lado de cada hilera del mismo, dotando un total de 124mm de agua para el tratamiento 1.

3.6.2. TRATAMIENTO 2

Para el tratamiento 2, se empleó la metodología ORDI (Riego deficitario regulado optimizado), destinando el 50% de agua para riego; esta metodología, estima los coeficientes del cultivo de maíz (K_y), disponiendo de una cantidad apropiada de agua, durante las etapas fenológicas del cultivo, maximizando de esta manera el rendimiento del agua; se abasteció de un total de 124 mm de agua para este tratamiento, para lo cual se utilizó una cinta de riego por goteo, las misma que fueron colocadas al lado de cada hilera del cultivo.

3.6.3. TRATAMIENTOS 3 Y 4

En el caso de los tratamientos 3 y 4, se optó por combinar dos metodologías de riego deficitario; entre ellas, la metodología ORDI (Riego deficitario regulado optimizado) y PRD (Secado parcial de raíces); para la primera se distribuyó agua, según la etapa de desarrollo del cultivo, mientras que la otra metodología de riego, consistió en alternar de lado derecho a izquierdo y viceversa para regar las raíces de las plantas.

En ambos tratamientos, se asignó el 50% de agua para riego, según las necesidades hídricas del cultivo (124mm), al emplear la metodología ORDI más PRD; cada dos semanas se alternó el riego de las raíces, por ambos lados en el tratamiento 4.

3.6.4. TRATAMIENTOS 5 Y 6

En cuanto a los tratamientos 5 y 6, se utilizó la metodología conocida como secado parcial de raíces (PRD), en la cual se destinó el 70% de agua para el riego de este cultivo (108mm); para el tratamiento 5 se alternó cada semana el lado de riego de las raíces; por el contrario, en el tratamiento 6 el cambio de lado de riego se lo realizó cada dos semanas.

3.7. ESQUEMA GRÁFICA DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro 3.4. Esquema de los tratamientos

	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4
Bloque 1	T1	T5	T2	T3
Bloque 2	T4	T6	T3	T4
Bloque 3	T5	T3	T1	T5
Bloque 4	T2	T4	T5	T6
Bloque 5	T6	T1	T4	T2
Bloque 6	T3	T2	T6	T1

3.8. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL (UE)

Área total del ensayo	1.821,12 m ²
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 ²
Área de cálculo de la UE:	33,6 m ²
Área de borde de la UE:	22,4 m ²
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 ⁻¹
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. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Para garantizar un trabajo de calidad y por ende resultados confiables se realizó el siguiente manejo al cultivo; cabe resaltar que el objeto de estudio de esta investigación es el riego deficitario y cómo influye en el rendimiento del cultivo de maíz.

3.9.1. PREPARACIÓN DEL SUELO

Se realizó la limpieza de las parcelas, con la finalidad de quitar las malezas que había en el suelo, posterior a ello se realizó el arado del mismo, oxigenando de esta manera la superficie en la cual se iba a cultivar, promoviendo un buen crecimiento radicular de la planta.

3.9.2. SIEMBRA

En agosto del año 2021 se realizó la respectiva la siembra del maíz, utilizando semillas del híbrido DASS 3383, el distanciamiento de siembra fue 0,70 x 0,20m; la misma que se la realizó de manera manual, colocando una semilla en cada agujero.

3.9.3. CONTROL DE MALEZAS

El control de las malezas se lo manejó de forma manual y mediante la aplicación de químicos; utilizando glifosato previo a la siembra, con la finalidad de eliminar la maleza existente en el suelo; una vez germinado el maíz se trabajó con controles selectivos.

3.9.4. RIEGO

El año típico meteorológico (TMY), permitió programar el riego durante todas las etapas fenológicas del cultivo, utilizando como base los datos climáticos perteneciente a los años 2011-2021, la cual permitió definir las condiciones climáticas en el área donde se desarrolló la investigación. Se utilizó el modelo MOPECO para la elaboración de los calendarios de riego, actualizando diariamente los datos climatológicos; asignando un calendario de riego para cada para cada tratamiento.

El modelo MOPECO propuesto por Stewart y colaboradores en el año 1977, permite estimar el rendimiento de los cultivos, considerando la evapotranspiración real versus la evapotranspiración máxima del mismo (ET_a/ET_m), durante las diversas etapas de crecimiento que atraviesa el cultivo; el cultivo sufre un estrés hídrico cuando la ET_a es menor a la ET_m , provocando una caída del rendimiento (rendimiento real (Y_a) < rendimiento potencial (Y_m)) (Domínguez, 2012).

$$Y_a = Y_m \prod_{k=1}^4 \left(1 - Ky_k \left(1 - \left(\frac{ET_a}{ET_m} \right)_k \right) \right) \quad (1)$$

Donde:

Y_a y Y_m = Rendimientos actuales y potenciales de los cultivos

K = Etapa de crecimiento actual

Ky_k = Factor rendimiento por etapa de crecimiento

ET_a y ET_m = Acumulados evapotranspiración del cultivo en cada etapa de crecimiento.

3.9.5. FERTILIZACIÓN

Cuadro 3.5. Plan de fertilización para maíz amarillo duro

Fuentes fertilizantes	Kg/ha						g/ha				
	Cantidad (Kg/ha/año)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	Zn	B	Mn	Fe	Cu
MicroEssentials SZ	100	12	40			10	1000				
Korn Kali	375			150	23	19		800			
Sulfato de Mg	100				25	20					
Urea	400	188									
Total	975	200	40	150	48	49	1000	800	0	0	0

Fuente: Los autores

Cuadro 3.6. Cantidad de fertilizante a aplicarse por planta y fracción

Estado fenológico	g/m ²			
	MESZ	Urea	K. Kali	Sulfato de Mg
VE	10	10		
V6		15	19	5
V10		15	18	5
Total	10	40	37	10

Fuente: Los autores

Cuadro 3.7. Costo de la fertilización

Fuente	Cantidad	Precio U	Total
MESZ	2	32	64
K. Kali	8	28	224
Sulfato Mg	2	25	50
Urea	8	23	184
		Total	522

Fuente: Los autores

3.10. VARIABLES DE RESPUESTA

3.10.1. DIÁMETRO DE MAZORCA

Variable medida en milímetros (mm), permite determinar el ancho de la mazorca, realizando la medición en la parte media de la mazorca con un vernier.

3.10.2. LONGITUD DE MAZORCA

Variable medida en centímetros (cm), permite establecer el largor de la mazorca, realizando la medición desde la base de inserción hasta la punta de las mismas, mediante una cinta métrica.

3.10.3. PESO DE MAZORCA ENTERA

Variable medida en gramos (g); se tomaron muestras aleatorias y se procedió a pesar cada mazorca en una balanza electrónica.

3.10.4. NÚMERO DE HILERAS

Se tomaron muestras al azar, posteriormente se efectuó el conteo total del número de hileras por mazorcas, iniciando el conteo a partir del centro de la mazorca.

3.10.5. NÚMERO DE GRANOS POR HILERAS

El conteo del número de granos por hilera, se lo realizó en una hilera por cada mazorca tomada al azar.

3.10.6. PESO DE GRANO POR MAZORCA

Variable medida en gramos (g), se procedió a desgranar todas las semillas de cada mazorca escogida al azar, las cuales fueron posteriormente pesadas en una balanza electrónica.

3.10.7. PESO POR PARCELA

Esta variable se la efectuó, obteniendo 20 mazorcas al azar por cada parcela, posterior a ello se pesaron las mazorcas en una balanza electrónica para luego realizar una regla de 3 por el número total de mazorcas por parcela.

3.10.8. PESO DE 100 GRANOS

Se seleccionaron 100 granos por cada unidad experimental, los cuales se ajustaban a una humedad del 15.5% y por tanto fueron pesados en una balanza digital de precisión.gr

3.10.9. RENDIMIENTO PRODUCTIVO

Esta variable se estableció luego de realizar la respectiva cosecha en seco, posteriormente se midió el contenido de humedad del grano para ajustar el rendimiento hasta un 15,5 % del contenido de humedad del grano, esto se hizo

mediante la fórmula (1); en la cual se multiplica el número de hileras por el número de granos por hilera, multiplicado por el peso de 100 granos, dividido para 100. Ese resultado se lo multiplica para 70000 semillas por ha, multiplicando por 1000 para pasar de gramos a kilogramos y se lo multiplica otra vez por 1000 para pasar de kilogramos a megagramos.

$$R = (N.H * N.G.H * (P.100G)/100) * 70000 / (1000 * 1000) \quad (2)$$

Donde:

R= Rendimiento

N.H= Número de hileras

N.G.H= Número de granos por hilera

P.100G= Peso de 100 gramos

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIÁMETRO DE MAZORCA

El análisis de varianza presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$); según la Figura 1 los tratamientos 1, 2 y 4, pertenecen a la misma categoría, por lo tanto son iguales estadísticamente, alcanzando diámetros promedio de 45,48, 44,35, 43,73 milímetros (mm) respectivamente siendo estos los promedios más altos; por otro lado, los tratamientos 5, 3, 6, 4, 2 también están agrupados en una misma categoría, siendo estadísticamente similares, sin embargo dentro de este grupo los tratamientos 5, 3, y 6 tienden a tener rendimientos más bajos en comparación con los demás tratamientos, presentando valores de 42,80 y 43,00 43,03 mm respectivamente.

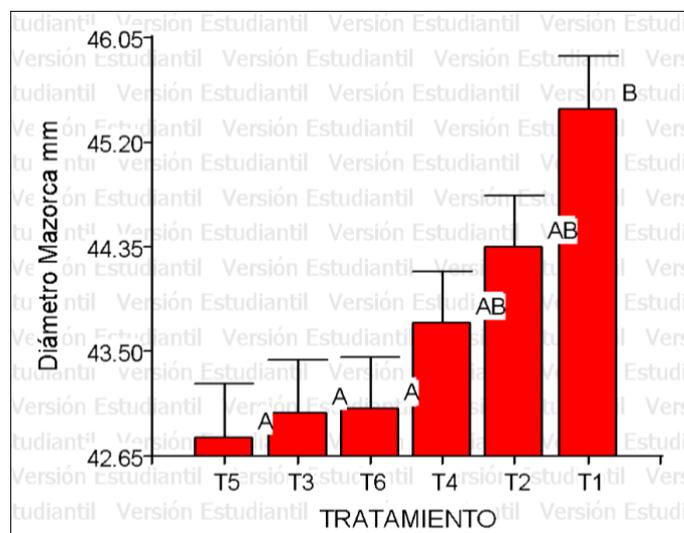


Figura 2. Diámetro de mazorca. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

El estudio realizado por Guamán *et al.* (2020), evalúa el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz utilizando cuatro híbridos, obteniendo como resultados que el híbrido Pioneer F, fue el mejor, debido a que alcanzó los rangos más altos en cuanto al diámetro de la mazorca (47 mm); mientras que el híbrido Trueno N,

presentó el rango más bajo, obteniendo un diámetro de mazorca promedio de 41 mm.

De Juan *et al.* (1999) en su investigación, evaluaron el efecto del déficit de suministro de agua en el rendimiento y calidad de cultivo de maíz; obteniendo como resultados, que los promedios de diámetros más altos, se alcanzaron en los tratamientos hídricos T8, T7 y T1 con valores de 45,5, 44,2 y 44,1 mm respectivamente; siendo estos valores estadísticamente iguales según el test de Duncan. Al mismo tiempo Tapia *et al.* (2021) en su trabajo titulado: Riego deficitario y densidad de siembra en indicadores morfológicos y productivos de híbrido de maíz, obtiene resultados promedio de diámetros de mazorca entre: 48,2 y 47,9 mm, cuando se aplicó 120 y 100% de lámina bruta total.

4.2. LONGITUD DE MAZORCA

Los valores promedio de la longitud de la mazorca pertenecientes a los diferentes tratamientos en estudio, presentaron diferencias altamente significativas para esta variable respuesta; de acuerdo con el análisis de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), la figura 2 indica que el tratamiento 1 y 2, presentaron la mayor longitud promedio de mazorca con un valor de 14,93 y 13,85 centímetros (cm) respectivamente; mientras que el tratamiento 6, presentó el promedio más bajo en cuanto a la longitud de la mazorca (12,55 cm).

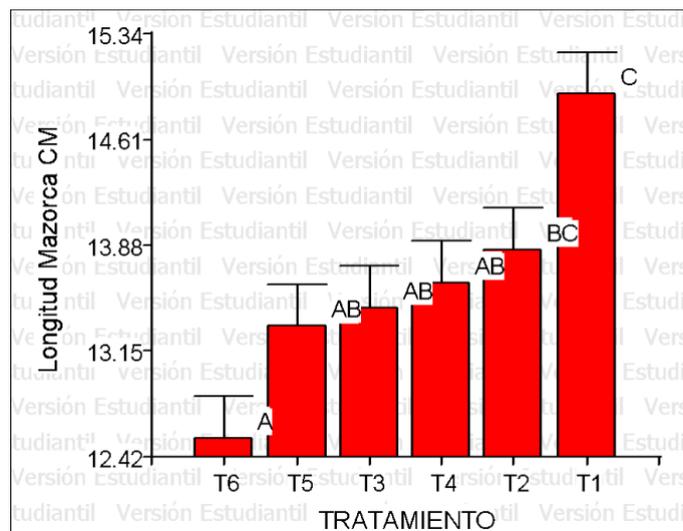


Figura 3. Longitud de mazorca. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

Hernández *et al.* (2018) en su investigación, obtiene que el grupo Chiapas presentó diferencias significativas, alcanzando una longitud promedio de 18,5 cm, obteniendo las mazorcas más largas, hasta 6,0 cm más largas que el grupo Oaxaca, el cual presentó las mazorcas más cortas (12,4 cm) en comparación con los demás grupos.

Los resultados obtenidos por Tapia *et al.* (2021), evidencian que un déficit en los requerimientos hídricos del cultivo del maíz, en la etapa vegetativa y reproductiva disminuye significativamente las variables productivas como la longitud de la mazorca, debido a que ellos reportaron longitudes promedio de 17,68 y 16,98 cm, cuando se aplicaron 120 y 100% de la lámina bruta total.

Además De Juan *et al.* (1999), manifiesta que el riego favorece tanto la longitud media como el diámetro medio de las mazorcas frescas; conclusión que está apoyada en los resultados obtenidos en su trabajo de investigación, en la cual obtiene longitudes promedio de mazorca entre 18,45 y 17,7 cm, en los tratamientos T8 y T7 respectivamente.

4.3. PESO DE MAZORCA ENTERA

Se detectaron diferencias altamente significativas en el peso de mazorca entera, entre las diferentes combinaciones ensayadas; en la figura 3 muestra que el tratamiento 1 y 2 son estadísticamente iguales, obteniendo el mayor promedio

en cuanto al peso de mazorca entera 172,05 y 156,78 gramos (g) respectivamente; por el contrario, el promedio de peso más bajo lo obtuvo el tratamiento 6 con 132,28 g; por lo tanto los tratamientos con mayor disponibilidad de agua adquirieron mayor peso de mazorca, mientras que los tratamientos con menor disponibilidad hídrica presentaron menor peso de mazorca.

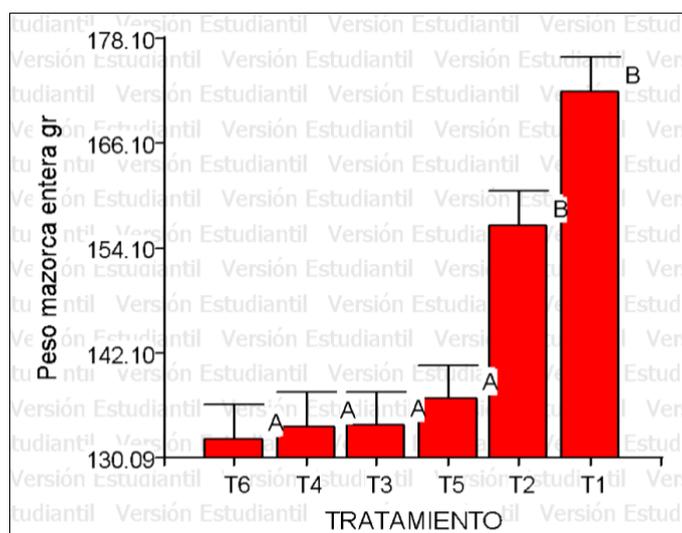


Figura 4. Peso de mazorca entera. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

De Juan *et al.* (1999) en su trabajo de investigación, estableció que el déficit hídrico, ocasionó una fuerte reducción del número de mazorcas por hectárea y del peso medio unitario de ellas; reportando pesos promedio de mazorca entera de 160,03, 173,17, 170,01 g en los tratamientos 2, 3 y 5 respectivamente; además expresó que en los tratamientos hídricos testigo, la materia seca de las mazorcas supone casi el 50% del peso seco de la materia seca total aérea producida.

Guamán *et al.* (2020) de acuerdo a su estudio: evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), utilizando cuatro híbridos; reportaron resultados superiores a los obtenidos en el presente trabajo; debido a que obtuvieron un peso promedio de mazorca de 257,3 g para la variedad Pioneer F y 159,7 g para la variedad Gladiador D.

4.4. NÚMERO DE HILERAS

En cuanto al número de hileras, el análisis de varianza no presentó diferencia estadística significativa ($p>0.05$), entre las metodologías de riego deficitario durante las etapas fenológicas del cultivo; sin embargo, si hubo diferentes promedios entre los resultados; en la figura 4 se puede apreciar que los tratamientos 1, 3, 2, 5, 6, presentaron una mínima diferencia numérica entre el número de hileras: 14,28, 14,25, 14,23, 14,20, 14,18 respectivamente.

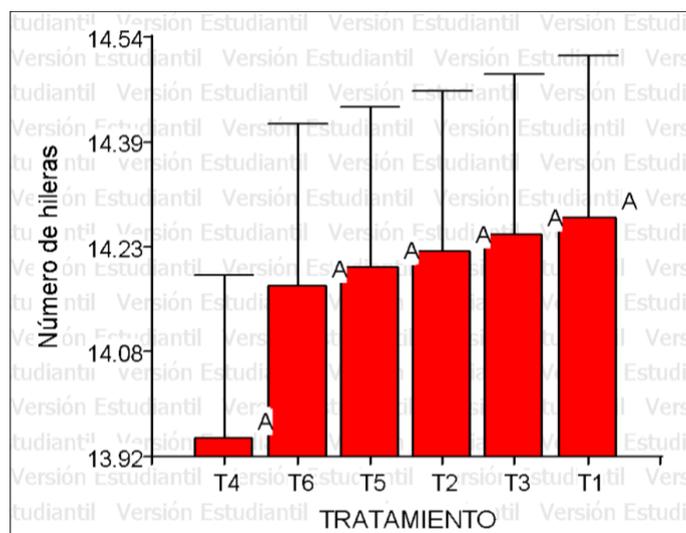


Figura 5. Número de hileras. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

Los resultados reportados por Hernández *et al.* (2018), difieren de los obtenidos en el presente estudio, debido a que presentan valores superiores con respecto al número de hileras por mazorca; obteniendo en las variedades Tlaxcala, Puebla y Compuestos Balanceados 15 números de hileras cada uno, los cuales corresponden a los valores más altos, dentro de las ocho variedades evaluadas.

Los mismos resultados obtiene Tapia *et al.* (2021), al evaluar indicadores morfológicos y productivos de híbrido de maíz, alcanzando como resultado 15 número de hileras promedio por mazorcas, al aplicar 120 y 100% de la lámina bruta total.

4.5. NÚMERO DE GRANOS POR HILERA

Las metodologías de riego aplicadas en el presente trabajo de investigación, afectaron significativamente ($p < 0.05$) el número de granos por hilera, en la figura 5, se puede observar que el tratamiento 1, alcanza el mayor promedio de granos por hilera (32,10), mientras que los tratamientos 6, 4, 3, 5 fueron los tratamientos más afectados por el estrés hídrico, obteniendo valores promedios de 25,38, 25,40, 25,45, 25,63 respectivamente; afectando directamente los números de granos por hilera.

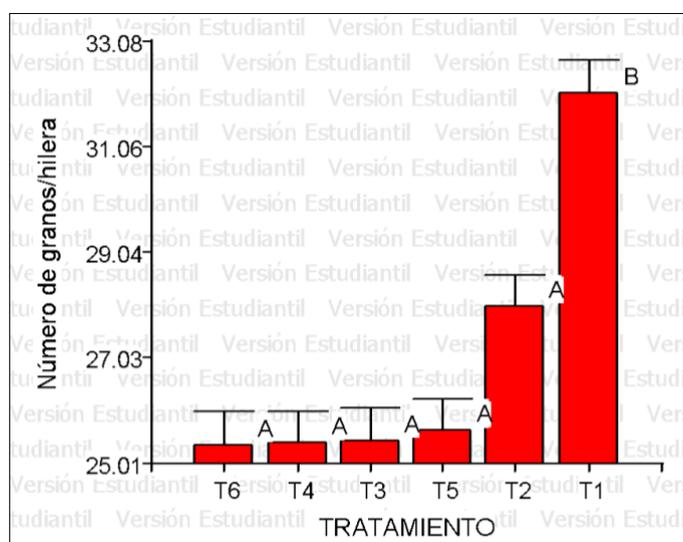


Figura 6. Número de granos por hilera. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

Estos resultados difieren a los reportados por García y Lemos (2017), en su investigación, donde evaluaron el efecto del riego deficitario sobre el cultivo de maíz, la variable número de granos por hileras presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio, donde el mayor número de granos por hilera, corresponde al tratamiento 1 (bienestar hídrico en todo el ciclo vegetativo), con un promedio de 29 granos por hileras; además indica que cuando el estrés ocurre en etapas tempranas del desarrollo reproductivo, ocasiona una reducción considerable en el número de granos.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Hernández *et al.* (2018), en su trabajo investigativo: Valoración agromorfológica de germoplasma de maíz amarillo en

valles altos de México; la variedad Chiapas alcanzó el promedio más alto en cuanto al número de granos por hilera con un promedio de 30 granos.

4.6. PESO DE GRANOS POR MAZORCA

La variable correspondiente al peso de grano por mazorca también presentó diferencia estadística significativa ($p < 0.05$); por lo tanto las metodologías de riego deficitario afectaron significativamente esta variable; como se puede observar en la figura 6 los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente similares, alcanzando los mejores promedios de peso de granos por mazorca, con valores de 135,58 123,90 g respectivamente, por lo tanto, fueron los mejores tratamientos de esta variable, mientras que el tratamiento 6 presentó un valor de 105,55 g, perjudicando directamente al rendimiento del maíz.

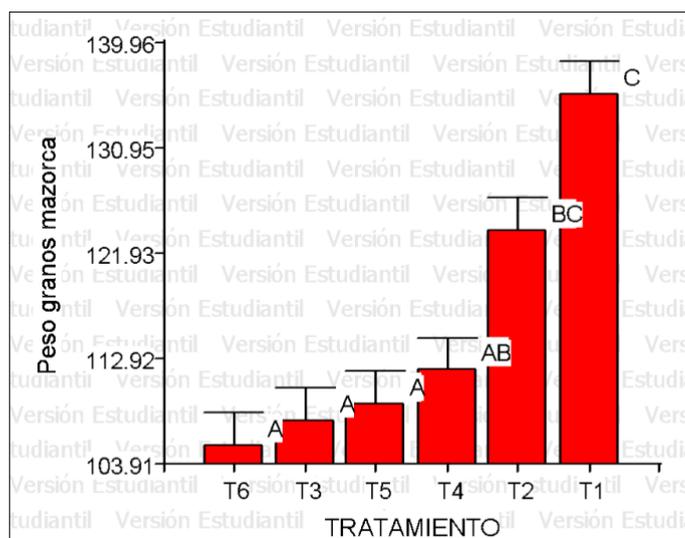


Figura 7. Peso de granos por mazorca. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

García y Lemos (2017), consideran que en la etapa de llenado del grano el componente más afectado ante la presencia de un déficit hídrico, es el peso de grano; además indican que el peso del grano, puede llegar a reducirse significativamente en un 26 %, lo cual afecta en gran medida la disminución del rendimiento en un 29 % aproximadamente.

Farré (2009) en su investigación obtiene una reducción en el peso del grano en los tratamientos con riego deficitario en la fase I, II y III, del 9,6%, 7,9% y 11,6 respectivamente; encontrándose que los tratamientos con menores peso

promedio, fueron los tratamientos: sss y rrr, con pesos de grano por mazorca de 239,9 y 264,3 g respectivamente.

4.7. PESO POR PARCELA

Los resultados del presente trabajo de investigación, indicaron que el peso por parcela fue afectado significativamente por las metodologías de riego deficitario aplicados en el cultivo del maíz ($p < 0.05$); en la figura 7 se puede evidenciar que el mejor tratamiento para esta variable respuesta fue el T1, debido a que obtuvo el mayor promedio de peso por parcela (646,78 g), por el contrario, los tratamientos 6 y 4 presentaron los promedios más bajos en cuanto al peso por parcela: 456,05g y 465,15 g respectivamente.

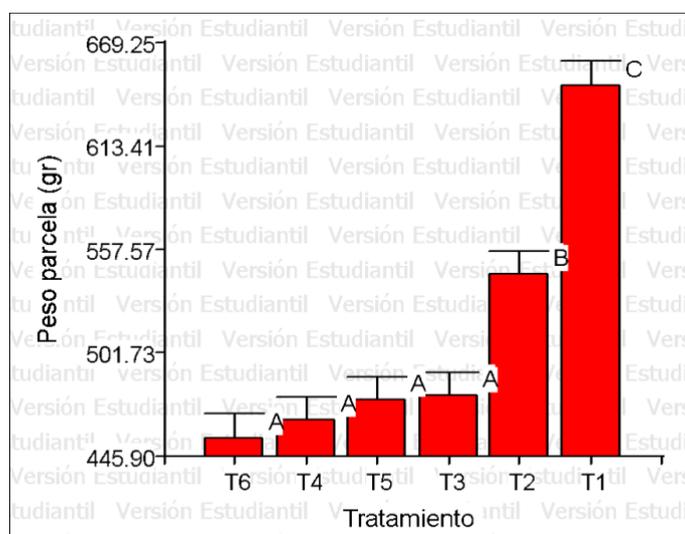


Figura 8. Peso por parcelas. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

Los datos obtenidos son superiores a los reportados por Tapia *et al.* (2021), en la cual reportaron pesos promedio de mazorca por parcela de 2,320, 1,930, 1,800, 1,250 g en los tratamientos: cuando se aplicó 120, 100, 90 y 80% de lámina bruta total respectivamente.

Al mismo tiempo Giménez (2012), evaluó el estrés hídrico en la producción de maíz, en las diferentes etapas del desarrollo; los resultados obtenidos, mostraron que el rendimiento sin deficiencias hídricas se ubicó entre 13,5 y 15,3 ton/ha⁻¹ aproximadamente, además expresó que estrés hídrico en el llenado de grano generó disminuciones del rendimiento cercanas al 30%.

4.8. PESO DE 100 GRANOS

Los resultados encontrados en el análisis de varianza muestran diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), para los tratamientos en estudio; la figura 8 presenta el peso de 100 gramos obtenido en las distintas metodologías de riego deficitario; en la cual se puede observar que el tratamiento 1, alcanza el mayor promedio de peso (33,18 g); sin embargo en los demás tratamientos se observa claramente que el peso promedio disminuyó considerablemente, siendo el tratamiento 6 el que menos peso promedio adquirió 29,50 g.

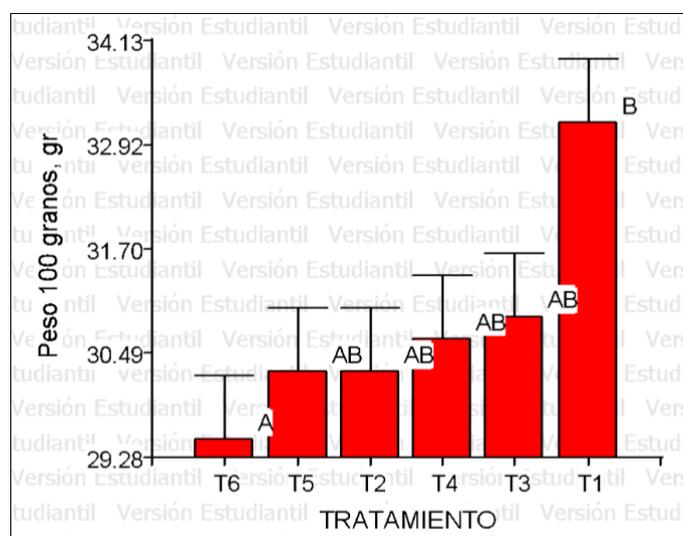


Figura 9. Peso de 100 gramos. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

En relación al peso promedio de 100 granos, Giménez (2012), en su estudio obtiene en los tratamientos 1 y 2 durante los dos años de estudio, un peso promedio de 100 granos para el T1 de 29,2g en el año 2009 y 27,8 g en el 2010; mientras que el T2 adquiere un peso promedio de 28,6g en el año 2009 y 28,4 g en el 2010; por otro lado, el T3 fue el tratamiento que presentó menores pesos de grano, en relación a los demás tratamientos evaluados; esto se debe probablemente a las modificaciones en la tasa de crecimiento del grano en la etapa de llenado provocadas por las deficiencias hídricas generadas en el T3.

Villalobos *et al*, (2016), en su trabajo de investigación, evaluó la respuesta de los materiales de maíz a la sequía y las deficiencias de nitrógeno en el rendimiento del grano; en la cual los híbridos superaron a los criollos en la variable peso de 100 granos, bajo condiciones de sequía con deficiencias de nitrógeno;

reportando que el peso de 100 granos, se redujo por la sequía en un 13 y 40% en la sequía 1 y 2 respectivamente.

4.9. RENDIMIENTO PRODUCTIVO

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0.05$) en cuanto a el rendimiento productivo; como se observa en la figura 9 el tratamiento 1, conjuntamente con el T2, obtienen los promedios más altos en cuanto al rendimiento 8,81 y 7,37 megagramos por hectárea (Mg/ha^{-1}) respectivamente, mientras los tratamientos 6, 4, 3, 5 fueron los más afectados por el déficit hídrico, obteniendo valores promedios de 6,13, 6,30, 6,37, 6,45 Mg/ha^{-1} respectivamente, por lo tanto, los tratamientos con mayor disponibilidad de agua adquirieron mayores rendimientos.

Giménez (2012), considera que la etapa de la floración es la más crítica para la determinación del rendimiento, debido a que en esta etapa se fija el número de granos por superficie, que es el componente que explica principalmente los cambios en el rendimiento del maíz, es por esta razón que el rendimiento se vuelve dependiente del estado fisiológico durante esta etapa y el mismo es altamente sensible a la disponibilidad hídrica.

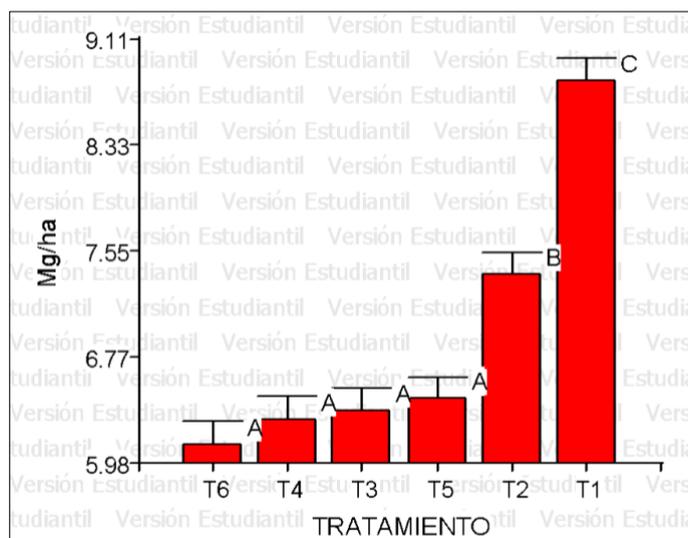


Figura 10. Rendimiento productivo. Barras con letras iguales no difieren estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: Los autores.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, en cuanto al rendimiento del maíz, son inferiores a los reportados por Sifuentes *et al.* (2021), en la que

evaluaron el efecto del rendimiento y la eficiencia en el uso del agua en el cultivo del maíz; en el tratamiento 1 aplicaron un estrés fuerte en la etapa vegetativa, estrés moderado en floración y un estrés severo en la maduración, alcanzando un rendimiento de $6,62 \text{ Mg/ha}^{-1}$, mientras que el T2 recibió un estrés moderado antes de la floración y un estrés ligero en la etapa vegetativa y formación de grano, adquiriendo un rendimiento del grano de $11,42 \text{ Mg/ha}^{-1}$.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los tratamientos 1 y 2, obtuvieron los mejores rendimientos agroproductivos, debido a que alcanzaron los rendimientos más altos con una eficiencia de $8,81$ y $7,37 \text{ Mg/ha}^{-1}$ de maíz seco duro respectivamente.
- La aplicación de las metodologías de riego deficitario ORDI al 50% (T2) y PRD al 50% 1 semana (T5), permitieron alcanzar mayor productividad del agua con un valor promedio de $38,39$ y $36,66 \text{ Kg/mm}$ respectivamente, haciendo de esta manera el uso más eficiente del agua.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evitar la aplicación de estrategias de riego deficitario, en etapas de pre-floración, floración y llenado del grano, puesto que son etapas muy susceptibles al déficit hídrico y pueden afectar el rendimiento óptimo del cultivo.
- Considerar las características del suelo, condiciones climáticas, períodos críticos del cultivo, sistema de riego y la resistencia de sequía de la

variedad cultivada para obtener una mayor producción y un producto de calidad.

- Para las futuras investigaciones se recomienda la aplicación de nuevas variedades de maíz con mayor potencial productivo, resistentes al estrés hídrico y rendimiento agroproductivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, A. y Cruz, G. (2020). *Efecto del Silicio y Bioestimulantes Sobre el Rendimiento del Cultivo de Maíz (Zea Mays L) Amarillo Duro* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí]. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1335/1/TTA08D.pdf>
- Albán, M., Caviedes, G., & Zambrano, J. (27 de Octubre de 2021). Memorias del I Simposio Ecuatoriano del Maíz. Recuperado el 15 de Mayo de 2022, de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP): <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5809/1/Producci%C3%B3n%20de%20semilla%20b%C3%A1sica%20de%20ma%C3%ADz.pdf>
- Alrajhi, A., Beecham, S. y Hassanli, A. (2016). Effects of partial root-zone drying irrigation and water quality on soil physical and chemical properties, Mawson Lakes, SA, Australia. *Agricultural Water Management*, 182(2017), 117-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.12.011>
- Baca, L. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado el 16 de Junio de 2022, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1>
- Blanco, F. (2019). *Modelado y control de riego en suelos agrícolas* [Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/91005/TFG-2349-BLANCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campoverde, I. (2017). *Determinación del Coeficiente de Cultivo (Kc) para Maní (Arachis Hypogaea L.) Bajo Invernadero en la Granja Santa Inés* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10527/1/DE00001_TR_ABAJODETITULACION.pdf

- Carrasco, R. (10 de Enero de 2022). CATÁLOGO DE INSUMOS. Recuperado el 25 de Mayo de 2022, de <https://docplayer.es/>: <https://docplayer.es/7888409-Catalogo-de-insumos-hibrido-para-doble-proposito-grano-y-forraje-calidad-de-grano-sobresaliente-excelente-cobertura-de-mazorca-gran.html>
- Cisneros, E., González, F., Martínez, R., López, T. y Rey, A. (2015). Respuesta Productiva Del Cafeto Al Manejo Del Riego. Función Agua-Rendimiento. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4), 5-11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000400001
- Conceição, B., Carvalho, D., Domínguez, A., Tarjuelo, J. y Martínez, A. (2015). *Comparación Entre la Propuesta Generadas por el Modelo de Simulación de Riego Optimizado con un Riego Constante en Cultivo de Zanahoria en Brasil*. XXXIII Congreso Nacional de Riesgos, Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91201/1433-2491-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dalmasso, J. (2016). *Influencia del Déficit Hídrico en Diferentes Etapas Fenológicas Sobre el Rendimiento y Calidad Del Zapallo* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cuyo]. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5198/INTA_CRMendoza-SanJuan_EEALaConsulta_Dalmasso_J_Influencia_deficit_hidrico_diferentes_etapas_fenologicas_rendimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dávila, G. (2016). *Evaluación Agronómica de Tres Híbridos de Maíz (Zea Mays L) En Lotes Comerciales En La Zona de Mata de Cacao, Provincia de Los Ríos* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5404/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-69.pdf>
- De Juan, J., Fabeiro, C., Martín, F., & López, H. (1999). Efecto del déficit de suministro de agua en el rendimiento de agua en la calidad de un cultivo de maíz dulce. *Revista ITEA*, 95(3), 218-240.
- Deras, H. (9 de Abril de 2012). Guía técnica: El cultivo del maíz. Recuperado el

29 de Mayo de 2022, de Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>

Domínguez, A., De Juan, J., Tarjuelo, J., Martínez, R., & Martínez, A. (2012). Determination of optimal regulated deficit irrigation strategies for maize in a semi-arid environment. *Revista Agricultural Water Management*, 107, 67-77.

El Comercio. (21 de Enero de 2020). Diario El Comercio. Recuperado el 13 de Junio de 2022, de <https://www.elcomercio.com/>: <https://www.elcomercio.com/actualidad/manabi-maiz-agricultura-afectacion-lluvias.html#:~:text=2020%2018%3A03-,Manab%C3%AD%20tiene%20m%C3%A1s%20de%20100%20000%20hect%C3%A1reas,afectadas%20por%20escasez%20de%20agua&text=Peque%C3%B1os%20y%20medianos%20agricu>

El expreso. (9 de Enero de 2021). La cosecha de maíz, un enigma en la costa. Recuperado el 16 de Junio de 2022, de <https://www.expreso.ec/>: <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/cosecha-maiz-enigma-costa-96715.html>

El Productor. (10 de Enero de 2022). Periódico digital Agropecuario del Ecuador. Recuperado el 13 de Junio de 2022, de <https://elproductor.com/>: <https://elproductor.com/2022/01/ecuador-la-falta-de-lluvia-y-la-no-entrega-de-kits-ofrecidos-preocupa-a-los-maiceros/>

Erazo, L. (2015). *Diseño de Un Sistema de Riego Para La Hacienda San Antonio, Ubicada En La Parroquia Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4996/1/122661.pdf>

FAO. (9 de Diciembre de 2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Recuperado el 13 de Junio de 2022, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/3/cb7654es/cb7654es.pdf>

FarmAgro. (5 de Julio de 2020). ECUADOR Línea comercial de productos 2020. Recuperado el 25 de Mayo de 2022, de

<https://www.farmagro.com/uploads/fichas/474f8289fb00a099b8cc7b5dd1e441fcff948ca8ad1fef5aa.pdf>

Farré, I. (2009). Respuesta del maíz (*Zea Mayz L.*) y sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) al riego deficitario. *Agronomía y Modelización*. Universidad de Lérída. Lérída. Recuperado el 21 de Mayo de 2022, de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/8243/TIFC2de2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura [FIRA]. (2016). *Panorama Agroalimentario*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2012). *Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua*. <https://www.fao.org/3/i2800s/i2800s.pdf>

García, F., & Lemos, S. (2017). Riego deficitario en maíz. Tesis de pregrado, Universidad de la república, Montevideo. Recuperado el 21 de Mayo de 2022, de https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/18649/1/TT_S_Garc%C3%ADaySantosPoseiroFerm%C3%ADn.pdf

Giménez, L. (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Revista Agrociencia Uruguay*, 16(2), 92-102.

Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., & Romero, R. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) utilizando cuatro híbridos. *Revista Siembra*, 7(2), 047–056.

Guerrero, E. (2018). *Evaluación Del Daño y Manejo Del Gusano Cogollero (Spodoptera Frugiperda) En El Cultivo de Maíz Suave (Zea Mays L.) En El Sector Las Parcelas, Cantón Mira* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4337/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000090.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, B., Mendoza, M., Castillo, F., Pecina, J., Delgado, A., Lobato, R., &

- García, J. (2018). Valoración agromorfológica de germoplasma de maíz amarillo en valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4), 393-402.
- Herrera, J. y Nieto, J. (2019). *Análisis de Precios Unitarios para un Sistema de Riego por Goteo y por Aspersión en el Departamento De Boyacá* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://1library.co/document/6qm4oj5q-nalisis-precios-unitarios-sistema-riego-aspersion-departamento-boyaca.html>
- Ibarra, E., Castillo, A., Núñez, M., Suárez, R., Andrade, M., & Perdomo, F. (2020). Caracterización de la respuesta a la sequía de líneas segregantes de maíz. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(1), 1511-1524.
- INEC. (21 de Mayo de 2021). Boletín Técnico: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020. Recuperado el 13 de Junio de 2022, de Instituto Nacional de Estadística y Censos: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2018). *Módulo de Tecnificación Agropecuaria ESPAC 2017*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2017/DOC_TEC_AGRO.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria, Continua, 2019*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Boletin%20Tecnico%20ESPAC_2019.pdf
- Lagos, L., Lama, W., Hirzel, J., Souto, C. y Lillo, M. Evaluación de Riego Deficitario Controlado Sobre la Producción de Kiwi (*Actinidia deliciosa*). (2017). *Agrociencia*, 51(4), 359-372. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n4/1405-3195-agro-51-04-00359.pdf>

- Laura, G. y López, C. (2016). Evaluación De La Uniformidad De Un Sistema Presurizado De Riego Por Goteo Para Cultivos De Zonas Alto-Andinas De Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos naturales*, 3(1), 7-17. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182016000100003&script=sci_abstract
- Llive, F. (2019). *Informe de Rendimientos Objetivo de Maíz Amarillo Duro 2019*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/maiz/rendimiento-del-maiz-ecuador>
- López, E., Orengo, J., Tarjuelo, J., Martínez. A. y Domínguez, A. (2016). Desarrollo de un Algoritmo de Solución Directa para el Cálculo de Distribuciones Óptimas de Cultivos Bajo Riego Deficitario Controlado. *XXXIII Congreso Nacional de Riesgos, Valencia*. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/41086/T-A-07.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, Y. (2017). *Determinar los Requerimientos Hídricos del Pepino (Cucumis Sativus L) Mediante el Lisímetro Volumétrico, en el Sector La Trinidad Perteneciente al Sistema de Riego Campana-Malacatos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18472/1/YANDRY%20PAUL%20MARTINEZ%20SANCHEZ.pdf>
- Moreno, L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. *Revista Agronomía colombiana*, 27(2), 179-191.
- Nagore, M. (2018). *Determinación del Rendimiento de un Híbrido de Maíz Antiguo Y Dos Modernos en Condiciones de Agua Contrastante en el Suelo* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Mar del Plata]. <http://intrabalc.inta.gob.ar/dbtw-wpd/images/Nagore-M-L-2018.pdf>
- Obando, E. (2019). *Caracterización Morfológica de Maíz Blanco Harinoso (Zea Mays L.) Material Nativo 'Chazo' de la Provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29726/1/Tesis-234%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20->

CD%20636.pdf

Ogasawara, J. (2017). *Estudio de los Diferentes Sistemas de Riego Agrícola Utilizados en el Paraguay*. Asociación Latinoamericana de Integración ALADI.

[http://www2.aladi.org/nsfaladi/estudios.nsf/4040FC1C4A77A47E0325819B0065757B/\\$FILE/DAPMDER_04_17_PY.pdf](http://www2.aladi.org/nsfaladi/estudios.nsf/4040FC1C4A77A47E0325819B0065757B/$FILE/DAPMDER_04_17_PY.pdf)

Oñate, L. (2016). *Duración de las Etapas Fenológicas y Profundidad Radicular del Cultivo de Maíz (Zea Mays) Var. Blanco Harinoso Criollo, Bajo las Condiciones Climáticas del Cantón Cevallos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato].

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20371.pdf>

Pardo, J. (2018). *Efecto del Riego Deficitario Controlado Optimizado por Etapa, Para Volúmenes Limitados de Agua, en el Rendimiento y la Calidad de la Cebada Cervecera* [Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montés de Albacete].

<https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/20415/TESIS%20Pardo%20Descalzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peña, M. (2014). Producción de Zea Mays L: una mirada al mundo. *SATHIRI*, (7), 216-236. <https://doi.org/10.32645/13906925.364>

Piña, S. (2015). *Efecto del Secado Parcial de Raíces en la Vid ‘Tempranillo’ Cultivada Franca de Pie o Injertada Sobre el Portainjerto Criolla Negra en Campo o Contenedor* [Tesis doctoral, Universidad de Valladolid].

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/16794/Tesis992-160420.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quizhpe, D. (2010). *Instalación de un Cabezal de Riego Para un Invernadero Umbráculo y Patio de Aclimatación, Ubicados en el Campus Juan Lunard, Paute, de la Facultad de Ciencia Agropecuarias y Ambientales* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4033/1/UPS-CT001942.pdf>

- Rodríguez, L., Rázuri, L., Swarowsky, A. y Rosales, J. (2014). Efecto del Riego Deficitario y Diferentes Frecuencias en la Producción del Cultivo de Pimentón. *Interciencia*, 39(8), 591-596. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33931820009.pdf>
- Rojas, G., Posadas, A., Quiroz, R., Holle, M. y Málaga, M. (2007). Secado Parcial de Raíces: Una Promisoria Técnica de Riego En Papa (*Solanum Tuberosum* L.). *Zonas Áridas*, 11 (1), 206-218. <http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/za11/pdfs/ZA11%2000%20art15.pdf>
- Santillano, J., Roque, L., Núñez, F., Grijalva, R., Robles, F., Macías, R., Escobosa, I. y Cárdenas V. (2019). La Fertilidad del Suelo Afecta el Crecimiento, Nutrición y Rendimiento de Algodón Cultivado en Dos Sistemas de Riego y Diferentes Dosis de Nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 37(1). <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v37n1/2395-8030-tl-37-01-7.pdf>
- Sifuentes, E., Ojeda, W., Macías, J., Mendoza, C., & Preciado, P. (2021). Déficit hídrico en maíz al considerar fenología, efecto en rendimiento y eficiencia en el uso del agua. *Revista Agrociencia*, 55(3), 209-226.
- Simón, G. (2018). *Implementación, Control y Monitoreo de un Sistema de Riego por Goteo Subterráneo con Microcontroladores* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3610/simon-mori-george-anthony.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tapia, R., León, R., & Torre, C. (2021). Riego deficitario y densidad de siembra en indicadores morfofisiológicos y productivos de híbrido de maíz. *Revista Espam Ciencia*, 12(2), 131-140.
- Tenelanda, C. (2017). *Determinación De Los Coeficientes De Culytivo 'Kc' Para EL Riego De La Caña De Azúcar (Saccharum Officinarum, L.) en Dos Sismteas de Siembra* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17962/1/Tenelanda%20Masache%20Cristina%20Rocio.pdf>

- Valdivieso, C. (2017). Optimización de la asignación de agua de riego para los cultivos del área de influencia del Sistema Carrizal-Chone. Tesis de posgrado, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Recuperado el 27 de Agosto de 2022, de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89203/VALDIVIESO%20-%20Optimizaci%C3%B3n%20de%20la%20asignaci%C3%B3n%20del%20%20agua%20de%20riego%20para%20los%20cultivos%20del%20%20%20C3%A1rea%20de%20influ....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valverde, M. (2015). *Caracterización e Identificación de Razas de Maíz en la Provincia del Azuay* [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22897/1/Tesis.pdf>
- Villalobos, A., López, C., Miranda, S., Aguilar, V., & López, M. (2016). Relaciones hídricas en maíces de Valles Altos de la Mesa Central de México en condiciones de sequía y fertilización nitrogenada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1651-1665.
- Zinivand, N., Khodadadi, D., Kashkul, H., Asareh., A. y Egdernezhad, A. (2020). Evaluación Del Efecto Del Polímero Súper Absorbente En La Eficiencia Del Uso Del Agua de La Planta En Condiciones de Déficit de Agua. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(1), 315-341. <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/2095/1702>

ANEXOS

Anexo 1. Limpieza del terreno



Anexo 2. Arado del terreno



Anexo 3. Instalación del sistema de riego



Anexo 4. Ensayo del sistema de riego



Anexo 5. Proceso siembra de maíz



Anexo 6. Disposición de los tratamientos



Anexo 7. Instalación de sensores en el suelo



Anexo 8. Riego de los tratamientos



Anexo 9. Lectura humedad de maíz**Anexo 10. Diámetro de mazorca**

Anexo 11. Longitud de mazorca



Anexo 12. Peso de mazorca entera



Anexo 13. Conteo número de hileras**Anexo 14. Peso granos de mazorcas**