



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ
HIBRIDO PIONEER 4039 AL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO
CON DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA**

AUTOR:

Álava Hoyos Cristhian Jonathan

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Rolando León Aguilar. PhD.

SANTA ANA – MANABÍ- ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Dedico esté presente trabajo de titulación principalmente a Dios por guiarme en el transcurso durante mi carrera universitaria, y como siguiente a mi madre ya que sin ella no lo había logrado. Tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por buen camino. Por eso te dedico mi trabajo a cambio de tu paciencia y amor de madre incondicional, te amo.

Me van a faltar páginas para agradecerles a todos mis compañeros principalmente amigos que me extendieron su mano en el trabajo de campo, los cuales les agradezco su gentileza y bondad quienes fueron: Richard Tapia, Luís Palma, José Zambrano, Nicole Saltos, Kimberly Prado. De igual manera, agradezco a mi amigo director de Tesis Ing. Rolando León Aguilar. PhD., durante la realización de mi proyecto, usted ha sido mi mano derecha y quien me ha guiado en el complicado proceso. El resultado de mi tesis ha sido espectacular, mejor de lo que esperaba y una gran parte del desarrollo de este excelente trabajo se lo debo a usted. Dios los Bendiga.

De igual forma a mi gran amigo Ing. Antonio Torres García PhD, quien también se ha tomado el arduo trabajo de transmitirme sus conocimientos y encaminarme por el camino correcto para lograr mis metas y lo que me proponga.

Muchas gracias a todos por su ayuda incondicional.

Álava Hoyos Cristhian Jonathan

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por guiar cada uno de mis pasos, gracias a mi familia por apoyarme en el transcurso de este trabajo, de igual manera gracias a todas las personas que ayudaron para poder culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y especialmente a mi padre que con gran orgullo me observa desde el cielo.

Álava Hoyos Cristhian Jonathan

CERTIFICACIÓN

ING. ROLANDO LEÓN AGUILAR. PHD

CERTIFICO:

Que la tesis de grado titulada “COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ HIBRIDO PIONEER 4039 AL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO CON DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA” es trabajo original del señor egresado **Álava Hoyos Cristhian Jonathan**, la cual fue realizado bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones y reglamentos establecidos en su ejecución.

Santa Ana, 2021

Ing. Rolando León Aguilar. PhD

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN

Ing. Fernando David Sánchez Mora, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Certifico:

Que he revisado, estilo y ortografía del trabajo de titulación “**Comportamiento productivo del cultivo del maíz híbrido Pioneer 4039 al riego deficitario controlado con diferentes densidades de siembra**”, elaborado por el estudiante **Cristhian Jonathan Álava Hoyos**, el presente trabajo de investigación ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y sintaxis vigentes en el Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí.

Ing. Fernando David Sánchez Mora
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TEMA

Comportamiento productivo del cultivo del maíz híbrido Pioneer 4039 al riego deficitario controlado con diferentes densidades de siembra

TRABAJO DE TITULACIÓN

Sometida a consideración del Tribunal de Seguimiento y Evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN

ÁLAVA HOYOS CRISTHIAN JONATHAN, declaramos bajo nuestro juramento que el presente trabajo aquí descrito es de nuestra autoría y 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 de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual de los autores.

Álava Hoyos Cristhian Jonathan

EGRESADO

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. General	5
2.2. Específicos.....	5
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1. Bases conceptuales sobre riego deficitario	6
3.2. Importancia del maíz en el Ecuador.....	8
3.3. Híbridos en el Ecuador.....	10
3.4. Híbrido Pioneer 4039	10
3.4.1. Temperatura óptima para el híbrido Pioneer 4039	10
3.4.2. Descripción botánica del maíz común.....	11
3.4.3. Características del Híbrido Pioneer 4039	11
3.5. Requerimientos Edafoclimáticas e Hídricos	12
3.5.1. Suelo.....	12
3.5.2. Temperatura.....	12
3.5.3. Agua	12

3.5.4.	Malezas.....	13
3.5.5.	Plagas.....	13
3.5.5.1.	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	13
3.5.5.2.	Fertilización	15
3.6.	Densidad de siembra	16
3.7.	Riego	17
3.8.	Tipos de riego.....	18
3.9.	Riego deficitario.....	19
3.9.1.	Tiempo de Riego	20
3.9.2.	Fotosíntesis	20
3.9.3.	Radiación fotosintéticamente activa.....	20
3.9.4.	Índice de área foliar	20
3.9.5.	Clorofila.....	21
3.9.6.	Conductancia Estomática	21
4.	METODOLOGÍA.....	23
4.1.	Localización y descripción del sitio experimental	23
4.1.1.	Material genético	23
4.1.2.	Insumos.....	23
4.2.	Definición de variables	23
4.3.	Diseño experimental y análisis estadístico.....	24
4.4.	Características de la parcela experimental	24
4.5.	Manejo agronómico	25
4.5.1.	Preparación del suelo.....	25
4.5.2.	Delimitación del área del experimento.....	25
4.5.3.	Instalación de las cintas de riego	25

4.6.	Siembra	25
4.6.1.	Riego y determinación de las dosis a aplicar.....	25
4.7.	Control de malezas.....	30
4.8.	Fertilización.....	30
4.9.	Cosecha	31
4.10.	Control Fitosanitario.....	31
4.11.	Variables evaluadas	31
4.11.1.	Morfología	
4.11.2.	Productivas.....	32
4.11.3.	Análisis estadístico	33
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1.	Análisis de las variables morfofisiológicas.....	34
5.1.1.	Análisis de las variables morfológicas altura de plantas diámetro del tallo y número de hojas a los 20 días posteriores a la siembra	34
5.1.2.	Análisis de las variables morfológicas altura de plantas diámetro del tallo y número de hojas a los 40 días posteriores a la siembra	37
5.1.3.	Análisis de las variables morfológicas altura de plantas diámetro del tallo y número de hojas a los 60 días posteriores a la siembra	38
5.1.4.	Análisis de las interacciones para los 60 días.....	39
5.2.	Análisis de las variables productivas	43
5.2.1.	Análisis de las variables productivas longitud de la mazorca (L.M); diámetro inferior de la mazorca (D.I) diámetro medio de la mazorca (D.M); diámetro superior de la mazorca (D.F); número de hileras (N.H) del híbrido estudiado.	43
5.2.2.	Análisis de las variables productivas.....	43
5.2.3.	Análisis de la variable productiva pesos de los granos (kg) y rendimiento (t. ha-1) del híbrido estudiado.....	45

5.2.4. Análisis de las interacciones para las variables productivas diámetro inferior final de la mazorca, pesos de los granos (kg) y rendimiento (t. ha-1) del híbrido estudiado. 46

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	55
ANEXOS	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Morfología del maíz común.....	11
Tabla 2: Características del Híbrido Pioneer 4039.....	11
Tabla 3: Plagas de cultivo de maíz.....	13
Tabla 4: Matriz de tratamientos.....	24
Tabla 5: Parcela experimental.....	24
Tabla 6: Datos relacionados con el cultivo.....	28
Tabla 7: Datos climáticos la Teodomira 2000 a 2018.....	28
Tabla 8: Propiedades hidrofísicas del suelo.....	29
Tabla 9: Láminas brutas a aplicarle al cultivo de acuerdo a los porcentajes estudiados en (L.m ²).....	29
Tabla 10: Tiempos de riego en minutos, según las láminas brutas de riego y los porcentajes de las láminas aplicados.....	30
Tabla 11: Comportamiento de las variables AP; DT y NH a los 20 días.....	35
Tabla 12: Comportamientos de las variables AP; DT y NH a los 40 días.....	37
Tabla 13: Comportamientos de las variables AP; DT y NH a los 60 días.....	39
Tabla 14: Comportamientos de las variables LM, DI, DM, DS y NH.....	43
Tabla 15: Resultados de las Variables productivas pesos de los granos (kg) y rendimiento (t. ha-1) del híbrido estudiado Py4039 bajo riego deficitario y diferentes densidades de siembra.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable altura de planta a los 20 días.	35
Figura 2: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro del tallo a los 20 días.	36
Figura 3: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro del tallo a los 60 días.	
Figura 4: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable inserción de mazorca a los 60 días.	
Figura 5: Comportamiento de las alturas de las plantas por tratamientos evaluados a los 60 días después de siembra	42
Figura 6: comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro inferior de la mazorca.	47
Figura 7: comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la Diámetro final de la mazorca.	
Figura 8: comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para el peso promedio de los granos por mazorca.	
Figura 9: Se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para el rendimiento.	50
Figura 10: Comportamiento de rendimiento de acuerdo a los tratamientos estudiados	

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Programación del riego para el cultivo del maíz Py 4039.....	65
Anexo 2: Sistema de riego antes de la siembra.....	66
Anexo 3: Realización de la primera fertilización en el cultivo de maíz.	66
Anexo 4: Primer deshierbe.....	67
Anexo 5: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 120%	67
Anexo 6: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 100%	68
Anexo 7: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 90%	68
Anexo 8: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 80%	69

RESUMEN

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia en el mundo, junto al arroz y el trigo, el incremento de la producción con propósito de satisfacer la demanda de este alimento es una premisa insoslayable. La investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del maíz híbrido “Pioneer 4039” al riego deficitario controlado con diferentes densidades de siembra. El experimento se realizó en el periodo de julio hasta diciembre del 2019, en los predios del campus experimental La Teodomira perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, Provincia Manabí, Ecuador, ubicada en las coordenadas geográficas 01° 09' 51" de latitud sur, 80° 23' 24" de longitud oeste, a una altitud de 60 msnm. Se estableció el experimento en un diseño de parcelas divididas, con un arreglo factorial de 4 (porcentajes de la lámina bruta de riego) x 3 (densidades de siembra), para un total de 12 tratamientos, con 3 repeticiones, se seleccionaron 324 plantas. Fueron evaluadas las siguientes variables morfofisiológicas, y productivas: altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, peso del grano por mazorca, diámetro de la mazorca, número de hilera, a partir de estos se determinó el rendimiento en t. ha-1, para el análisis de los resultados se utilizaron análisis de varianza y para la comparación de medias las pruebas de Tukey para $P < 0.05$. Se utilizó en software Statgraphics Centurion XV. II. El análisis de los resultados evidenció un efecto significativo en las variables evaluadas, tanto para las variables morfofisiológicas como para las variables productivas. La mayor altura de planta se obtuvo cuando se aplicó el 120% de la lámina bruta alcanzando una altura promedio de 243,11 cm, y la menor altura se registró con la aplicación del 80% con 217 cm. el mayor rendimiento fue de 13,49 t. ha-1, el cual se obtuvo con el 120 % de la lámina de riego y densidad de siembra de 66.666 plantas ha-1. Los rendimientos obtenidos presentan una tendencia en correspondencia con los porcentajes de humedad y la densidad de siembra, en la medida que se disminuyó el requerimiento hídrico de la planta el rendimiento disminuyó significativamente, igual comportamiento presentó el factor densidad de siembra en la medida que la densidad de siembra fue inferior; inferior fue la respuesta en el rendimiento.

Palabras claves: Distancia de siembra, Rendimiento, Requerimiento hídrico.

ABSTRACT

Corn is one of the most important cereals in the world, along with rice and wheat, increasing production in order to satisfy the demand for this food is an unavoidable premise. The objective of the research was to evaluate the behavior of hybrid corn "Pioneer 4039" under controlled deficit irrigation with different planting densities. The experiment was carried out in the period from July to December 2019, on the premises of the La Teodomira experimental campus belonging to the Faculty of Agronomic Engineering of the Technical University of Manabí, located in the Lodana parish, Santa Ana canton, Manabí Province, Ecuador, located at the geographic coordinates of 01 ° 09'51" south latitude, 80 ° 23'24" west longitude, at an altitude of 60 meters above sea level. The experiment was established in a divided plot design, with a factorial arrangement of 4 (percentages of the gross irrigation sheet) x 3 (planting densities), for a total of 12 treatments, with 3 repetitions, 324 plants were selected. The following morphophysiological and productive variables were evaluated: plant height, stem diameter, number of leaves, grain weight per ear, ear diameter, row number, from these the yield in t was determined. ha-1, analysis of variance was used for the analysis of the results and the Tukey tests for $P < 0.05$ were used for the comparison of means. It was used in Statgraphics Centurion XV software. II. The analysis of the results showed a significant effect on the variables evaluated, both for the morphophysiological variables and for the productive variables. The highest plant height was obtained when 120% of the raw sheet was applied, reaching an average height of 243.11 cm, and the lowest height was recorded with the application of 80% with 217 cm. the highest yield was 13.49 t. ha-1, which was obtained with 120% of the irrigation sheet and planting density of 66,666 plants ha-1. The yields obtained present a trend in correspondence with the percentages of humidity and the sowing density, as the water requirement of the plant was decreased, the yield decreased significantly, the same behavior presented the sowing density factor as the density sowing was lower; lower was the response in performance.

Keywords: Planting distance, Yield, Water requirement.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el maíz (*Zea mays* L.), constituye el tercer cereal más cultivado en el mundo, después del trigo y el arroz siendo la base principal de alimentación en el mundo debido a su producción de 1,099.19 millones de toneladas (FAO, 2019).

En el Ecuador el maíz es utilizado tanto para la elaboración de alimentos balanceados, como para la industria de consumo humano. Todo esto se debe a su elevado contenido de fibras, almidón, carbohidratos, carotenos, ácidos fólicos vitamina B9, y el alto nivel de rendimiento (Bajana, 2014). En el año 2018 la producción de maíz duro seco (grano seco) en el Ecuador fue de 1, 513,635 t con un comportamiento por provincias de: 39,48% para los Ríos seguido de Manabí con 30,22%, Loja 16,52% y Santa Elena con 1, 42%, con un área cultivada de 255,376 hectárea y un rendimiento por hectárea de 5,93 t/ha (SIPA, 2018).

El híbrido Pionner P4039 es de origen brasileño. Sin embargo, puede adaptarse a muchas zonas maiceras de nuestro territorio las cuales son: Santa Ana, Chone, Balzar, Cascol, Tosagua, El Empalme, Santa Elena, Pedro Carbo, Puerto Pechiche, Loja e Imbabura y Vinces. Este híbrido presenta excelente calidad de raíces, tallos, sanidad de los granos y plantas, el cual combina uniformidad, estabilidad y alto rendimiento (Holguín, 2019).

De esta manera, la presente investigación se torna indispensable a identificar las diferentes densidades de siembra para el híbrido de maíz “Pioneer 4039”, que en este caso son nuevos materiales, que pueden a corto o largo plazo convertirse en una alternativa de producción ante los existentes que con el pasar del tiempo se van deteriorando y el rendimiento, no suele ser el deseado u obtenido en ciclos anteriores (Caicedo *et al.*,2017).

La determinación de la distancia de siembra óptima dentro de un sistema de producción de maíz juega un papel fundamental en el desarrollo y rendimiento del cultivo, ya que se logra un mayor aprovechamiento de plantas en el terreno, pero puede afectar significativamente al crecimiento y desarrollo de plantas. Sumándose a esto cada vez existen más materiales de siembra con una diferencia de aspectos agronómicos y de adaptabilidad, tornándose imprescindible establecer las densidades adecuada para cada tipo de material de siembra ya que muchas veces no todas tienen una misma respuesta (Cortez, 2019).

El conocimiento de diferentes aspectos relevantes antes de establecer un determinado cultivo en un área de importancia económica, es el material de siembra a utilizar, así como el

distanciamiento de siembra, de acuerdo a cada híbrido es de vital importancia, ya que de esta manera se logra un mayor aprovechamiento del suelo, siendo una tecnología de producción que puede representar un mejor rendimiento en cuanto a los niveles de producción, que a la vez genera mayores ingresos por unidad de superficie (Mich, 2021).

Por otro lado, el riego deficitario de alta frecuencia consiste en regar todo el ciclo debajo de la demanda del cultivo, utilizando una frecuencia de aportes suficientemente alta como para evitar la aparición de situaciones de estrés trascendentes (Ojeda, 2020). Mendoza & Sifuentes (2020) indicaron que el riego deficitario puede proporcionar mejores retornos económicos por unidad de superficie, iguales o superiores que los obtenidos bajo riego completo para rendimiento máximo, lo que evidentemente produce eficiencia mayor en el uso del agua.

La presente investigación se justifica mediante la determinación de la respuesta del híbrido al régimen hídrico variado y el distanciamiento de siembra, de esta manera generar información relevante que pueda ser utilizada por técnicos agrícolas, así como por agricultores, que tengan interés en sembrar el híbrido con mayor rendimiento.

Los resultados de la investigación ayudarán a lograr un correcto aprovechamiento del recurso agua y suelo, y a su vez se podrá transferir información sobre la adaptación de los híbridos de maíz estudiados en una distancia de siembra correcta para la zona, garantizando una inversión viable en dichos materiales de siembra, tomándose en cuenta que este cultivo es de suma importancia en el área donde se realizará la investigación.

2. OBJETIVOS

2.1. General

- ✓ Evaluar el comportamiento productivo del maíz híbrido “Pioneer 4039” al riego deficitario controlado con diferentes densidades de siembra.

2.2. Específicos

- ✓ Determinar el efecto del riego deficitario controlado con diferentes densidades de siembra, en el comportamiento de las variables morfológicas y fisiológicas del cultivo de maíz híbrido Pioneer 4039”.
- ✓ Evaluar el comportamiento productivo del maíz híbrido “Pioneer 4039” al riego deficitario controlado con diferentes densidades de siembra.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Bases conceptuales sobre riego deficitario

En cultivos extensivos los recursos hídricos, no satisfacen las pérdidas ocasionadas por la transpiración, siendo provocada por la baja demanda atmosférica, lo cual es conocido como estrés hídrico, siendo el factor principal del bajo rendimiento de los cultivos convirtiendo al agua y nitrógeno en las principales limitantes para la producción agrícola en las zonas áridas y semiáridas del mundo (García & Díaz, 2017).

Cabe recalcar también la respuesta de los cultivos de maíz a determinados distanciamientos de siembra no siempre es positiva, ya que cuando se usan menores distancias de siembra, en muchos casos han ocasionado efectos negativos como: la disminución productiva (Waldo *et al.*, 2017). Sin embargo, en todas las zonas no se pueden utilizar los mismos distanciamientos, ya que esto dependerá del cultivar, condiciones agrometeorológicas, condiciones de suelo y disponibilidad de riego (Mejía & Ramírez 2017).

Según Boada y Espinoza (2016), como se distribuye la semilla en el campo genera el espacio entre plantas o densidad de siembra, misma que influye en el desarrollo vegetativo, la producción de biomasa y rendimiento de grano del cultivo u su comportamiento en un ambiente determinado.

Es de relevancia investigar el distanciamiento de siembra directamente en el aprovechamiento del recurso suelo, ya sea por medio del establecimiento de más plantas por hectárea, pero es necesario formar resultados que permitan identificar un cierto punto o hasta que medida se puede aumentar la densidad poblacional de un cultivo sin ocasionar un efecto negativo sobre el mismo (Rodríguez *et al.*, 2020).

Al elegirse un distanciamiento de siembra idóneo para un determinado material de siembra constituye un cambio significativo para mejorar la adaptación de este al tipo de suelo y medio en que posteriormente se desarrollará su explotación, para de este modo no caer en errores en cuanto a una mala elección de densidad de siembra, que puede suponer un gasto innecesario en cuanto a la cantidad de semilla se refiere, por lo que se convierte en un factor de suma importancia para lograr la sostenibilidad de este cultivo, principalmente cuando en una determinada zona se introducir nuevos híbridos (Roca, 2019).

Pérez (2020), evaluó el efecto de los niveles de déficit hídrico donde se realizó en términos de eficiencia de aplicación, productividad del agua y rendimiento. El tratamiento con mayor déficit creó la mejor eficiencia de aplicación y productividad del agua. Estadísticamente los rendimientos fueron similares en los tratamientos y el testigo. Los resultados mostraron que la aplicación de la técnica de riego deficitario es una opción viable en periodos críticos de disponibilidad de agua, al tener un efecto reducido en los rendimientos obtenidos con respecto de los convencionales.

Flores (2013) menciona que los modelos calibrados de simulación biológica son instrumentos computacionales potencial para instruirse de los cultivos en condiciones climáticas y escenarios de manejo agronómico e hídrico diferentes. Gallardo (2013) quien desplegó una investigación con el modelo AguaCrop, en la que estableció tres condiciones de disponibilidad hídrica: Riego total (RT), riego deficitario al 80 % y 60 % respecto a RT). Para poder calibrar y validar el modelo AguaCrop se compararon datos observados de cobertura del dosel vegetal, producción de biomasa en la cosecha y rendimiento de grano, con datos experimentales de parcelas comerciales de maíz determinadas en los ciclos agrícolas otoño-invierno (O-I) de 2003-2004, 2007-2008 y 2008-2009, y los ciclos primavera-verano (P-V) de 2008 y 2009. Este modelo AquaCrop anticipadamente calibrado y validado, es una opción para observar y conocer la respuesta del maíz con riego deficitario y sus condiciones climáticas contrastantes. Finalmente, fue posible simular el rendimiento de la zona con una correlación alta del RSME y posteriormente las simulaciones están cerca de los valores observados en campo. Hay un impacto en el dosel vegetal por estrés hídrico del cultivo de acuerdo con los escenarios de disponibilidad hídrica. Posteriormente este modelo es aquella herramienta que se utiliza para evaluar escenarios de requerimientos de riego, de estrés hídrico, el impacto de diferentes condiciones de manejo agronómico.

En la investigación desarrollada por Valero (1999), en la que estudia las respuestas productivas, cuantitativa y cualitativa, del cultivo de maíz dulce (*Zea mays* L. var. rugosa Bonaf, cv.'Jubileo') sometido a diferentes estrategias de programación de riego: deficitarias, deficitarias controladas y excedentarias, obtuvo como resultado que el déficit hídrico produjo en los componentes del rendimiento cuantitativo (número de mazorcas comerciales por hectárea y peso medio unitario de las mismas) una reducción, de las producciones de biomasa seca total aérea, de grano tierno y de los rendimientos de mazorcas comerciales, cabe mencionar que el índice de cosecha y de las dimensiones de la mazorca, pero mejoró el

contenido de sólidos solubles (Brix) del grano tierno y acortó su período de maduración comercial. Los datos experimentales de la producción de materia seca total aérea, y rendimientos de mazorcas comerciales y de grano fresco, respecto al agua estacional (riego + lluvia efectiva) fueron de tipo expopolinómica de tercer grado, con valores de R^2 : 0,97 y 0,98. Se observaron máximos valores de las variables de producción con volúmenes estacionales de agua comprendidos entre 385 y 410 mm (Valero, 1999).

En estudio realizado por Codina (2020) para evaluar la respuesta de los cultivos al riego deficitario como vía para optimizar el uso del agua en aquellas regiones donde el recurso escaso. Realizaron dos ensayos de campo de un suelo franco (*Typic Xerofluvent*) para determinar la respuesta productiva de un cultivo de maíz a distintos tratamientos de riego deficitario por inundación. Los tratamientos incluyeron todas las combinaciones de riego completo y riego deficitario (30% del riego completo) en las distintas fases, el cual los parámetros que se midió fueron de crecimiento (Área foliar, altura de planta, fracción de PAR interceptado), materia seca aérea, rendimiento en grano y sus componentes. La fase de floración fue la más sensible al riego deficitario con reducciones de materia seca aérea, rendimiento e índice de cosecha. En los tratamientos sometidos a riego deficitario en la fase de llenado del grano, el crecimiento y rendimiento en grano no se vieron significativamente afectados.

El INIAP dispone de híbridos simples formados durante varios años que presentan buen potencial de rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades. También posee líneas S4 adaptadas, mejoradas y con una gran habilidad combinatoria (Sánchez, 1999). Siendo una de las alternativas para incrementar el rendimiento de grano, los cultivos de maíces híbridos, son acompañados de un equilibrado programa nutricional y una apropiada densidad poblacional, el cual es de gran importancia. Sin embargo, es necesario evaluar la potencialidad de rendimiento de estos híbridos en las condiciones climáticas de suelos y de riego (Roca, 2019).

3.2. Importancia del maíz en el Ecuador

Generalmente, uno de los granos de mayor relevancia en el Ecuador, es el maíz, como lo menciona la literatura posee un significado vital especialmente para los pueblos indígenas lo que lo convierte en un elemento primordial de identidad para nuestros ancestros (Baca, 2016).

El maíz se encuentra dentro de los principales productos agrícolas del país junto con el arroz, banano y cacao, a pesar de no representar más allá del 8% de la producción agrícola. Sin embargo, establece la base de una de las cadenas principales productivas que contribuye a la seguridad alimentaria del Ecuador (Bernal, 2019).

Cabe mencionar que, en el Ecuador, el maíz constituye uno de los pilares de la seguridad alimentaria debido por todo lo que representa para sus habitantes. Durante el periodo 2002-2009 un aporte promedio al PIB de 141.73 millones de dólares, lo que representó en promedio, el 5.28% del PIB agrícola y el 0.34% del PIB nacional (Maldonado, 2015).

Oñate (2015) manifiesta que, el rendimiento nacional del maíz, fluctúa entre 1.5 Tm/Ha a nivel de pequeños agricultores con tecnología tradicional y los 3.7 Tm/Ha para el nivel tecnificado. Los Ríos es la provincia con mejor rendimiento a nivel nacional, el rendimiento promedio ponderado nacional es de 2 Tm/Ha. Los rendimientos promedios son del orden de 4 Tm/Ha a nivel mundial.

En el Ecuador el maíz se cultiva en todo el país excluyendo los páramos y subpáramos (por encima de los 3.000 metros de altitud), en la región de la sierra su concentración productiva se encuentra en las provincias de Loja, Azuay y Pichincha; y en menor proporción en Bolívar, Chimborazo, Tungurahua e Imbabura, y en la Costa en las provincias de los Ríos, Manabí, seguidas de Esmeraldas y Guayas. La superficie sembrada en el periodo 2019 según datos de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua- ESPAC 2019 fue de 334.767 hectáreas distribuidas es las provincias de Manabí, Los ríos y Guayas con un total de 1.479.770 toneladas del ciclo productivo del 2019 (ESPAC, 2020).

A lo largo de los años en el Ecuador ha surgido de gran importancia el rendimiento del cultivo de maíz duro seco (13 % de humedad y 1 % de impureza) para la época de invierno 2018 con 5,81 t. ha⁻¹. La provincia de mayor rendimiento fue Loja y 7,10 t. ha⁻¹, Guayas y 4,37 t. ha⁻¹. Además, los cantones que muestran altos rendimientos (superior al nivel nacional) en la temporada 2018, sobresalieron Urdaneta, Ventanas, Sucre, Chone y Céllica. Los cantones de los ríos se caracterizaron por usar principalmente los híbridos Advanta 9313 y Autentica 259, con un promedio de 58 554 mazorcas por hectárea. Por otra parte, con un rendimiento por debajo del nivel nacional, pertenecen a las provincias de Guayas y Manabí donde, la falta de agua influyó en la reducción de la productividad (Bermeo, 2019).

3.3.Híbridos en el Ecuador

En la actualidad los agricultores tienen la opción de emplear híbridos de maíz que cuentan con el aval de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad) e Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que distribuyen las semillas según la ubicación y las condiciones geográficas mediante estudios previos. Los rendimientos de grano de maíz varían entre genotipos, por lo que se dificulta la selección de híbridos con mayor adaptación a las condiciones ambientales de una misma localidad (Guamán, 2020).

Generalmente, en el Ecuador existen alrededor de 500 híbridos de maíz, cada una de ellas con sus particularidades y beneficios, sin embargo, indican que únicamente 27 semillas híbridas de maíz posee un rendimiento alto, dentro de ellas encontramos: DK7088, Trueno, Agri104, gladiador, 30F35, 30k75, H551 entre otras (Vera, 2020).

3.4.Hibrido Pioneer 4039

Desciende de una línea selecta de parentales el híbrido 4039 reservados para la siembra de campos de maíz. Poseen altos valores, los porcentajes de germinación y de pureza lo que afirma uniformidad de emergencia en los campos de sembrío (Cortez, 2019).

Este híbrido presenta excelente calidad de tallos, raíces, sanidad de la planta y sanidad de los granos. Combina uniformidad, estabilidad y alto rendimiento. Buen cierre de punta de mazorca, grano pesado. Distancia de siembra entre surcos de 0.8– 0.9 metros, densidad de 62500- 67000 plantas por hectárea. Días a la floración de 55- 57 días, días a la cosecha de 120- 130. La altura de la planta puede alcanzar desde 2.65 hasta 2.75 metros y la mazorca a una altura desde 1.45 m hasta 1.55 m (Gómez, 2019).

3.4.1. Temperatura óptima para el híbrido Pioneer 4039

Respecto a la variabilidad de respuestas de los cultivares de maíz a la temperatura es amplia y por esta razón existen genotipos que permiten cultivar la especie desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a 3.000 m.s.n.m. Los materiales que se cultivan en climas cálidos crecen más rápidamente que los que se cultivan en climas fríos, en forma tal que la duración del ciclo de vida del maíz es de unos 120 días al nivel del mar y de 300 días a 2.600 m.s.n.m.

En los rendimientos estas diferencias influyen en los climas más fríos son mayores porque las plantas sitúan de más tiempo para fotosintetizar y acumular materia seca (Roca, 2019).

3.4.2. Descripción botánica del maíz común

Garzón (2018) indica los siguientes detalles sobre la morfología:

Tabla 1: Morfología del maíz común

Ciclo vegetativo	80-200 días, dependiendo de las variedades.
Planta	Entre 40 a 60 cm, en algunos casos, y de 200 a 300 cm de altura, en otros.
Tallo	Leñoso, cilíndrico, con ocho a veinticinco nudos.
Hojas	Verde pálido o verde intenso, en número de ocho a veinticinco.
Raíces	Seminales, adventicias, de sostén o soporte, y aéreas.
Planta	Monoica.
Inflorescencia	Masculina en forma de espiga o panoja, siendo la inflorescencia femenina pistilada y conocida comúnmente como mazorca.

3.4.3. Características del Híbrido Pioneer 4039

En el (Tabla 2) se muestran las características del Híbrido Pioneer 4039 según Cortez (2019):

Tabla 2: Características del Híbrido Pioneer 4039

Altura de planta (m)	2.40 – 2.60
Altura de inserción de mazorca (m)	1.45 – 1.70
Posición de las hojas	Semi erectas
Peso de 1000 granos	420
Forma de hoja	Lanceolada
Color del grano	Amarillo
Forma de la mazorca	Cilíndrica
Número de hileras	16-18
Número de granos-hilera	Mayor a 40

Diámetro de mazorca (cm)	5.4
Diámetro de coronta (cm)	3.0
Procedencia	Brasil
Prolificidad	1.1
Días a cosecha (costa)	135-170

3.5.Requerimientos Edafoclimáticas e Hídricos

3.5.1. Suelo

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos de textura media y pesada, profundos, bien drenados, arcilla fértil y suelos limosos con buenas características de retención de agua. Los subsuelos ácidos o densos limitan la penetración de la raíz. La densidad óptima de la planta varía entre 70000 a 80000 plantas. ha. Este se desarrolla bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8 (López, 2016).

Además, la disponibilidad de algunos elementos suele disminuir o aumentar y se genera toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5.5 se generan problemas de toxicidad por manganeso y aluminio. Por lo tanto, de carencia de fósforo y magnesio si posee un pH superior a 8 (o superior a 7), tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc. Un pH inadecuado, se relación con problemas de micro nutrientes (López, 2016).

3.5.2. Temperatura

La temperatura óptima para la germinación es de 18 - 20 °C. ciertas variedades no toleran las bajas temperaturas y las heladas. Ya que se retrasa su germinación y causa la pudrición de la semilla y la reducción de la población de plantas. La temperatura ideal en la fase de crecimiento oscila entre 24 y 30 °C. Por encima de los 30 °C causan problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción del agua por las raíces, añadiendo también que no son benéficas para el maíz las noches cálidas, pues es muy activa la respiración por ende la planta requiere importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día (Bermeo, 2019).

3.5.3. Agua

En un cultivo a otro las necesidades diarias de agua varían en un estado de pleno desarrollo; por ejemplo, un sembrío de maíz completamente desarrollado consumirá más agua que un cultivo de cebolla también plenamente desarrollado (Gordón, 2020).

Varía de un cultivo a otro la duración total del ciclo vegetativo, existen algunos con ciclo vital corto (90 a 100 días), otros con ciclos entre 120 a 160 días; y como los frutales permanecen en el terreno durante años. Sobre la duración del ciclo de los diversos cultivos en una zona determinada los datos deben ser obtenidos localmente (FAO, 1977).

Los cultivos cosechados en secos (maíz en grano, girasol, etc.), sus necesidades de agua durante la fase final son mínimas, alrededor del 25% del estado medio (FAO, 1977).

El riego es un suministro oportuno de la cantidad adecuada de agua para los cultivos, para evitar así que estos no sufran disminución en sus rendimientos, sin causar daños al medio ambiente (Sánchez, 2011).

3.5.4. Malezas

El manejo de malezas en un cultivo, según Ramírez (2007), detalla que es posiblemente uno de los factores que más influyen en los rendimientos. Sin embargo, entre otras cosas, requiere conocer la “sensibilidad” del cultivo a la presencia de malezas. Por lo tanto, la respuesta en rendimiento del cultivo a diferentes situaciones será uno de los pilares esenciales del programa de manejo de las mismas con el fin de maximizar el rendimiento. Es significativo diferenciar una competencia de interferencia entre el cultivo y las malezas. Es importante saber que los elementos esenciales para el crecimiento, como luz, nutrientes, agua y espacio.

3.5.5. Plagas

Las plagas más importantes del cultivo de maíz se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3: Plagas de cultivo de maíz

Nombre común	Nombre científico
Gusano cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>
Pulgón del maíz	<i>Rhopalosiphum maidis</i>

3.5.5.1. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Esta plaga se conoce vulgarmente como “gusano/isoca cogollero” por su acción en el cogollo de la planta- u "oruga militar tardía" ya que, si el alimento se hace escaso, las larvas se trasladan a otros cultivos desplazándose en masa como un "regimiento" causando distintos

daños económicos anualmente porque está presente durante todo el ciclo de los cultivos (León, 2018).

En el cultivo de maíz se presentan ataques más severos durante la fase vegetativa inicial del desarrollo de las plantas, 30 días después de la siembra, pueden llegar a causar pérdidas en el rendimiento de un 30% a un 64 %, por esto para su control demanda de 3 a 4 aplicaciones químicas, incrementando así los costos de producción (Leiva, 2014).

El gusano cogollero selecciona hojas y brotes tiernos, principalmente de los cogollos para alimentarse, convirtiéndose en un masticador del tejido vegetal. En estado de plántulas puede causar la defoliación completa y además dañar el meristema apical en desarrollo. La disminución de rendimiento en grano causada por la defoliación queda condicionada a la cantidad de área foliar destruida y la etapa de desarrollo del cultivo en que esta ocurra. El mayor impacto de la plaga sucede cuando la defoliación se presenta en etapas vegetativas avanzadas y en las etapas reproductivas (INTA, 2014).

Puede atacar al maíz la oruga militar tardía desde su germinación hasta la madurez del cultivo. Los ataques tempranos de esta plaga pueden afectar estados vegetativos de desarrollo mientras que los ataques tardíos pueden causar daños en las espigas.

Desde los primeros estados vegetativos, los daños más severos que se producen aún también en estados más avanzados atacan las panojas de maíz y sorgo, así como principalmente las espigas del primero, especialmente en su base y parte media. La plaga actúa como cortadora en implantación, cuando el barbecho previo se mantiene sucio, con predominancia de malezas gramíneas. Tiene preferencia por el cogollo de maíz en cultivo emergido. En ciertos casos las plantas dañadas se recuperan, pero sufren un formidable atraso. Esta plaga daña las hojas con distinta intensidad en función del desarrollo de su aparato bucal (Brito, 2018).

La cuantificación del daño de *Spodoptera frugiperda* depende del nivel de infestación y el estado fenológico del cultivo, pudiendo oscilar el Umbral Económico entre 10 y 50 % de plantas infestadas (Juarez, 2015).

- **Pulgón del maíz (*Rhopalosiphum maidis*)**

El pulgón verde *Rhopalosiphum maidis* en maíz, es llamado “borceguí”; posee un color verde azulado, aproximadamente mide 1 mm de longitud y su movimiento es sumamente

lento. Posee dos púas o cornículos negros en la parte posterior del abdomen. Directamente producen ninfas las hembras, en lugar de huevos. Cuando mudan los pulgones dan a las colonias una apariencia blanca (Tovar, 2015).

Generalmente toda la planta se encuentra la presencia de estos pulgones, pero en su mayoría existe en su mayoría en el cogollo y en ocasiones en las espigas. No ha sido una plaga primaria en maíz, ya que en cierto de los casos su daño se considera de escasa importancia (Bajana, 2014).

Las poblaciones de pulgón dentro del cogollo son excesivamente altas antes de la emergencia de la espiga el cual pueden causar en los granos un desarrollo incompleto o bien, plantas estériles. En las plantas infestadas en algunos lotes pueden tener el 50%, pero esto es considerablemente raro, ya que normalmente la infestación de pulgón en maíz es del 2 al 3% (Bravo, 2018).

La población de pulgones en la espiga es causada por las poblaciones del cogollo. Los pulgones en la polinización no interfieren, excepto que la mayoría de las espigas estén altamente infestadas y cubiertas con mielecilla (Tovar, 2015).

Sin embargo, después de la emergencia total de la espiga aproximadamente durante los primeros 6 días, ya ha ocurrido la liberación del polen y por ende el inicio de desarrollo y formación de los granos. Las plantas con espigas excesivamente infestadas después de este periodo no radican ningún tipo de impacto negativo en la producción (Tovar, 2015).

3.5.5.2.Fertilización

Una adecuada fertilización en cantidad, lugar y momento puede impactar en una mayor producción de forraje. Sin embargo, influir en un mayor “cuateo” de mazorcas, más hileras y granos en la mazorca y por ende en el grano un mayor peso. Se acentúan las relaciones de la formación de los componentes del rendimiento de maíz durante las etapas de desarrollo vegetativo (Vi) y reproductivo (Ri). González (2015) plantea lo siguiente que si un agricultor no tiene un conocimiento adecuado en cuánto nitrógeno y tiene su suelo de cultivo y pretende cosechar 10 toneladas de grano por hectárea; requerirá de abonar con 22 kg de nitrógeno/toneladas por 10 t de grano; esto es igual a 220 kg de Nitrógeno por hectárea.

El nutriente motor del crecimiento es el Nitrógeno. Cuando la planta lo absorbe, lo acumula como nitrato en las hojas, el cual es el encargado de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento, el principal exponente es el AIA (ácido indo, acético). De esa manera, el nitrógeno es aquel principal componente de la mayoría de los aminoácidos que componen las proteínas (Gaspar & Tejerina, 2018).

El Fósforo (P) como elemento significativo en el desarrollo de este cultivo, ya que colabora y forma parte en la transferencia de energía, lo que a su vez se hace de mucha importancia en el proceso de la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos. Consideran además que es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta (Dorronsoro, 2018).

El elemento que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta es el Potasio (K), el cual posee algunas funciones, una de ellas es que activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por lo tanto, juega un papel significativo en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a las heladas, sequía y salinidad. Las plantas que menos sufren de enfermedades son aquellas que están bien provistas con K (Gaspar & Tejerina, 2018).

3.6.Densidad de siembra

El portal Semillas Todo Terreno (2011), señala que, se debe empezar primero con la densidad de la planta para poder acercarnos a la densidad de siembra. Hay que tener en cuenta que cuando se hace referencia de dos cosas distintas, es decir; la densidad de plantas es la cantidad de plantas (adultas) que se obtiene por hectárea. En cambio, la densidad de siembra es la cantidad de semillas que situamos en una hectárea de terreno. Cabe señalar, que las dos cantidades no son iguales, ya que una fracción de la semilla o las plántulas se pierden antes de desarrollarse.

La densidad de plantas recomendable depende de varios factores según Agüero (2014), las condiciones agroecológicas y el manejo: Conforme mayor sea la fertilidad del suelo, la fertilización, o usualmente de las condiciones de crecimiento, mayor densidad podemos sostener y contrariamente, acorde más plantas queramos sobrellevar, más se tiene que fertilizar y procurar mejores condiciones. En la práctica de campo, esto hace referencia que las densidades recomendables pueden ir desde tal vez 50 mil plantas en temporal, laderas, suelos que no retienen bien el agua, hasta alrededor de 100 mil en las mejores condiciones.

En investigación realizada por, Elizondo & Boschini (2001), para evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz a través de diferentes edades y densidades de siembra. Se usaron tres parcelas experimentales utilizando tres distancias de siembra: 30 x 70 cm, 50 x 70 cm y 70 x 70 cm. La producción total de materia verde (kg/ha) difirió significativamente ($P < 0,05$) al variar la densidad de siembra. La concentración de materia seca en la hoja fue mayor a la presente en el tallo en cualquiera de las tres distancias de siembra. Para el contenido de proteína cruda en los diferentes componentes de la planta no se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) al variar la distancia entre plantas. Antes de los 70 días de edad, la acumulación de materia seca en hojas fue superior al de tallo. Posterior a esa edad, la relación se invirtió. El nivel de proteína cruda en la hoja fue superior al 18% en los primeros 70 días de crecimiento, luego disminuyó progresivamente hasta alcanzar un nivel de 13% al final del período. Los valores más bajos de FAD se presentaron antes de los 84 días de crecimiento tanto en hojas como en tallo. Bajo las condiciones ambientales de este experimento, la densidad de siembra óptima rondó las 48000 plantas/hectárea.

De acuerdo con Semillas Todoterreno (2011) algunas semillas o plántulas se pierden, a causa por falta de vigor, falta de germinación, falta de contacto con el suelo, plagas y enfermedades, daños de la sembradora, elaboración deficiente de la cama de siembra, piedras y encostramientos, falta de cuidado del sembrador, etc. Es muy variable el porcentaje de pérdida. Sin embargo, insinúan que es sensato calcular por lo menos un 20% más de lo acordado. La densidad de siembra se tiene que aumentar en la misma proporción en la que se espera tener pérdidas de plántulas o semilla. Posteriormente se hace referencia a que, si queremos 80 mil plantas, se tiene que sembrar 100 mil semillas. En condiciones de emergencia difíciles.

3.7.Riego

Los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario regar para reponerla y que quede disponible para las plantas. Existen diferentes métodos de riego. No existe uno mejor que otro, sino que cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en la eficiencia de aplicación del agua (Salinas, 2018).

Uno de los principales insumos en la producción agropecuaria es el agua, el cual es de suma importancia adelantar hacia su utilización racional, con la finalidad de beneficiar la sostenibilidad en la obtención de alimentos (Flores, 2017).

En la mayoría del tiempo se deben reducir las pérdidas de agua en riego, estableciendo de las mima un uso más eficiente. Generalmente para un adecuado sistema de riego consiste en que el cultivo que queda en el suelo tenga la cantidad disponible de agua después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. En el riego por superficie, en ciertas partes del terreno, pueden notarse la presencia de pérdidas por infiltración profunda, conocida también como percolación. En la mayoría de este caso queda agua por debajo de la zona de las raíces. Además, se presentan pérdidas por escurrimiento quedando en el terreno partes sin recibir una eficiente provisión de humedad. Finalmente, quedara una reducida cantidad de agua disponible para las plantas con todas estas pérdidas (Salinas, 2018).

Es fundamental que las plantas necesitan de agua para vivir. Por ello, los cultivos absorben los nutrientes del suelo para realizar algunas funciones fisiológicas en presencia de agua. Posteriormente, cuando se hace referencia que el suelo no posee la suficiente cantidad de agua o no es pertinente su disponibilidad por medio de fuentes naturales o la lluvia, se hace necesario el riego. En los cultivos el riego es el suministro artificial de agua (Serna, 2017).

El sistema de riego depende de las siguientes funciones esenciales como: tipo de suelo del cultivo, de la mano de obra disponible, la cantidad de agua necesaria, y de los recursos económicos por el cual un sistema de riego requiere una inversión formidable en el negocio agropecuario, el cual no solo involucra el costo de su instalación sino también el de su mantenimiento. Un sistema de riego adecuado, provee la cantidad necesaria de agua en el momento que se requiere, humedeciendo el suelo hasta la profundidad que necesite el cultivo (Serna, 2017).

3.8. Tipos de riego

- Riego por aspersión

Este tipo de riego supone de alguna manera el aporte de agua que realizan las lluvias. Este riego reside en distribuir el agua por tuberías a presión y emplear a través de aspersores en forma de lluvia. Si está bien diseñado el equipo respecto al tipo de suelo a regar se logra una lámina muy uniforme sin la presencia de escurrimiento. Existen los diversos sistemas que

van desde los equipos autopropulsados como los equipos de avance frontal, hasta equipos de diferentes dimensiones de alas móviles (Nolasco, 2011).

- **Riego por microaspersión**

Similar al anterior, pero a escala muy reducida. Se disponen de una gran cantidad de mangueras de riego que recorren las líneas del cultivo con emisores individuales o para un grupo de plantas “microaspersor” que con diferentes diseños moja una superficie relativamente pequeña (Nolasco, 2011).

- **Riego por goteo**

El agua se conduce a presión por tuberías y luego por mangueras de riego que recorren las hileras del cultivo. El emisor, externo o incorporado a la manguera de riego es un “gotero” de caudal y separación variable según el suelo y los cultivos aplica el agua en forma de gotas que se van infiltrando a medida que caen (Nolasco, 2011).

3.9.Riego deficitario

El riego deficitario posee un propósito de probar el cual es controlado en el cultivo de maíz como una medida de adaptación ante el cambio climático. Además, de pronosticar un futuro déficit hídrico. Es importante estudiar las etapas fenológicas más susceptibles al déficit hídrico, el nivel de coincidencia entre el crecimiento vegetativo y el fruto, periodos críticos del cultivo, el sistema de riego, características del suelo, el material vegetal, el clima, la variedad, entre otros., para tener un adecuado mejoramiento y su posterior manejo como cultivo (Bravo, 2018).

- **Número de riego**

Según Baroja (2016) menciona que el número de riegos durante el ciclo vegetativo del cultivo se podrá estimar entonces a partir de las necesidades de los cultivos y de la lámina de riego.

- **Frecuencia de Riego**

Según Baroja (2016) considera que el número de días que transcurre entre dos riegos sucesivos se llama Frecuencia de riegos, el cual va a depender del balance que se realice tanto

para la oferta y la demanda existente de agua, es decir, por un lado, de la capacidad de retención de agua del suelo y por el otro va a depender de la demanda de agua de la planta.

3.9.1. Tiempo de Riego

Según Baroja (2016) menciona que el tiempo de riego consiste en la función de las características de cultivo y del caudal del gotero. Por otro lado, un rango óptimo de humedad en el suelo puede ser mantenido y manejado más fácilmente, ya que se aplica el agua en cantidades precisas, de acuerdo con las necesidades del cultivo. Esto promueve el ahorro del agua, así como mejora el crecimiento y la productividad del cultivo.

3.9.2. Fotosíntesis

La fotosíntesis es un proceso biológico mediante el cual los órganos fotosintéticos utilizan la energía radiante sintetizar carbohidratos a partir de dióxido de carbono y agua, y liberar oxígeno. En cuanto a su ciclo de carboxilación, las plantas pueden dividirse en tres grupos C3, C4 y CAM; el maíz se ubica en el grupo C4. Como planta C4 el maíz alcanza tasas fotosintéticas promedio de 40 a los 85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, con un punto de compensación del CO_2 de 11 a 25 partes por millón y un punto de fotosaturación máximo cercano a 2200 $\mu\text{moles de fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Demin, 2014).

De acuerdo con Parry *et al* (2010), la fotosíntesis total de un cultivo depende de los siguientes factores:

- ✓ La habilidad de interceptar y capturar la energía radiante.
- ✓ Duración de la captura de radiación
- ✓ Capacidad y eficiencia y tamaño del aparato fotosintético del dosel.

3.9.3. Radiación fotosintéticamente activa

La radiación fotosintéticamente activa (RFA) es la porción de radiación solar que las plantas utilizan para la fotosíntesis, la cual se encuentra en la región del espectro solar oscila en una longitud de onda el cual está comprendida entre 0.40 y 0.70 μm (Righini, 2005).

3.9.4. Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF) es un índice cuantitativo de la estructura del dosel, y consiste en una expresión numérica adimensional que resulta de la división aritmética del área

de los limbos foliares de un cultivo (m^2) entre el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido (m^2). El IAF permite estimar el tamaño del aparato fotosintético laminar de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo las condiciones ambientales imperantes en una región determinada (Intagri, 2018).

3.9.5. Clorofila

La clorofila es un pigmento verde de las plantas que absorbe la energía lumínica y la transforma en energía química a través de la fotosíntesis, esto para la síntesis de compuestos orgánicos que necesita la planta; es decir que su contenido esta correlacionado con la concentración de nitrógeno foliar, dosis de fertilización nitrogenada y rendimiento (Ruiz, 2019).

Rincón (2010) señala que la clorofila en la hoja está relacionada con la concentración de N y, manifiesta el estado nutricional de este significativo nutriente. Para la síntesis de la clorofila es necesario el N y como parte de esta molécula, está implicado en el proceso de la fotosíntesis. En adecuadas cantidades de N en la planta, originan hojas de color verde oscuro debido a que estas tienen alta concentración de clorofila. Finalmente, el pigmento de color verde de la clorofila absorbe la necesaria energía de la luz para iniciar con el proceso de la fotosíntesis.

3.9.6. Conductancia Estomática

Como antecedente, se consideraban en relación con variables ambientales individuales a las respuestas estomáticas, en parte porque las interacciones entre factores creían un poco difíciles de cuantificar. Sin embargo, se ha instruido de una correlación lineal entre la tasa de asimilación de CO_2 y conductancia estomática (g), cuando se varió la fluencia de los fotones y cuando la capacidad fotosintética de las hojas se vio alterada por las condiciones de crecimiento, siempre que el CO_2 , la humedad del aire y la temperatura de las hojas fueron constantes. Sin embargo, la temperatura y la humedad no son consistentes en la naturaleza. La interrupción de la relación positiva entre la conductancia estomática y el potencial hídrico de las hojas a humedad constante del suelo muestra visiblemente que el estado del agua de la raíz o del suelo afecta a la conductancia estomática, disminuyendo la posibilidad de un mecanismo de retroalimentación a través del estado del agua de la hoja en los cultivos. El intercambio de gases en la hoja se evidenció en una amplia gama de déficits de agua en el campo. La conductancia estomática y la fotosíntesis de la hoja manifestaron diurna y estacionalmente a

las variaciones en la demanda de evaporación y el estado hídrico de los árboles (Bermúdez, 2013).

Posteriormente, tiene relación con el grado de apertura de las estomas la conductancia estomática, el cual se mide con instrumentos que hoy en día se encuentran en el mercado y han sido incorporando a la producción comercial de fruta. Se relaciona el nivel de apertura de los estomas con la disponibilidad de agua en las plantas con esta técnica (Gurovich, 2017).

El estrés hídrico en vegetación provoca un cierre estomático y por lo tanto una reducción en la tasa de transpiración que se traduce en un incremento de la temperatura de la cubierta vegetal (Cantó , 2009).

La absorción de CO₂ en la fotosíntesis implica que las plantas exponen superficies húmedas a una atmósfera seca y, en consecuencia, sufren una pérdida de agua por evaporación. Una pérdida de agua muy grande conduce a la deshidratación. Las plantas han desarrollado hojas formadas por una epidermis compuesta de una cutícula respectivamente impermeable y válvulas operadas por turgencia: las estomas. La epidermis no solo reduce las tasas de intercambio de CO₂ y vapor de agua, sino también proporciona un medio para controlar la asimilación y la transpiración a través de los poros estomáticos. Las estomas en el control del equilibrio entre la producción de biomasa y la pérdida de agua han desempeñan un papel crucial. La medición del tamaño de la apertura (apertura estomática), o la resistencia a la transferencia de CO₂ y vapor de agua (H₂O) entre la atmósfera y el tejido interno foliar asignada por las estomas (resistencia estomática), posee un punto significativo para muchos estudios de producción de biomasa (FAO, 2015).

4. METODOLOGÍA

4.1. Localización y descripción del sitio experimental

La presente investigación se realizó en el campus experimental perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la Parroquia Lodana, del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador, localizada en las coordenadas geográficas 01° 09' 51" de latitud sur y los 80° 23'24" de longitud oeste, a una altitud de 60 msnm.

4.1.1. Material genético

En el estudio se utilizó el híbrido Pioneer P4039, cuya densidad poblacional recomendada es de 62500- 67000 plantas por hectárea, con días a la floración de 55- 57 días, días a la cosecha de 120- 130. La altura de la planta puede alcanzar desde 2.65 hasta 2.75 metros y la mazorca a una altura desde 1.45 m hasta 1.55 m (Pionner, 2018)

4.1.2. Insumos

Semillas de maíz del híbrido P4039, fertilizante químico (N)8- (P2O5)20- (K2O)20, fertilizante nitrogenado (Urea 46% de nitrógeno), insecticidas.

4.2. Definición de variables

Se estudiaron los siguientes factores:

- **Riego deficitario controlado:** Se determinaron las láminas de riego para el ciclo del cultivo, las mismas fueron aplicadas en función de los porcentajes establecidos de acuerdo a la estrategia del riego deficitario propuesta. Se evaluaron 4 porcentajes de las láminas de riego calculadas durante el periodo de riego del cultivo y determinadas mediante programación del riego realizada con el software Cropwat, las que fueron: al 120%,100%,90% y 80%.
- **Densidad de siembra:** Se estudiaron tres densidades de siembra, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo con el sistema de siembra utilizado. Se trabajó con un sistema de surcos simple para cada cinta de riego, quedando un marco de 1 metro, que representan la distancias entre hileras de plantas por la cual se pasó la cinta de goteo. Se evaluaron tres distancias entre plantas: 0,15-0,20-0,25 metros. Con estos

arreglos se logró densidades de siembra de: 66 600; 50 000 y 40 000 plantas por ha.

4.3. Diseño experimental y análisis estadístico

Se desarrolló un experimento bifactorial con arreglo de 4 x 3 para un total de 12 tratamientos el mismo se ejecutó en parcelas subdivididas, en las parcelas fundamentales se evaluaron los porcentajes de las láminas de riego establecidas y en las subparcelas las densidades de siembra.

Parcelas completas: Porcentajes con respecto a las láminas de riego determinadas mediante el software Cropwat (120, 100, 90 y 80 % de la lámina de riego obtenida de la programación de riego).

Subparcelas: Distancia entre plantas; 0,15m (A); 0,20m (B); 0,25m (C)

Tabla 4: Matriz de tratamientos

Factores en estudio	Distancia entre plantas		
	A (0,15m)	B (0,20m)	C (0,25m)
Parcela 1 (120 % de la Lbp)	T1	T2	T3
Parcela 2 (100 % de la Lbp)	T4	T5	T6
Parcela 3 (90 % de la Lbp)	T7	T8	T9
Parcela 4 (80 % de la Lbp)	T10	T11	T13
	Densidad poblacional plantas. ha ⁻¹		
	66 666	50 000	40 000

4.4. Características de la parcela experimental

En la Tabla 5, se describen las características físicas principales y particularidades de las áreas en las cuales se ejecutó el experimento.

Tabla 5: Parcela experimental

a) Total, de Unidades Experimentales	324
b) Tamaño del área experimental	600 m ²
c) Área de la unidad experimental	15 m ²

d) Número de hileras por unidad experimental	4
e) Número de hileras útiles:	3
f) Efecto borde del lote:	Se eliminará 1 hilera por lado
g) Muestreo de plantas por réplicas	9 unidades
h) Muestreos plantas por tratamientos:	27 plantas

4.5. Manejo agronómico

4.5.1. Preparación del suelo

Como primer paso, se limpió el terreno manualmente, posteriormente se ejecutó la preparación del suelo de una manera mecanizada, realizando las siguientes labores: arado, pase de rastra, permitiendo que el suelo quedara nivelado, desmenuzado y en mejores condiciones para efectuar la siembra.

4.5.2. Delimitación del área del experimento

El terreno se cuadro con una cinta métrica de 50 metros de largo, cabuya y latillas de caña con el método “regla del 10, 8, 6”. Los respectivos tratamientos fueron separados a 1 m, efecto borde y para diferenciar un tratamiento del otro se utilizaron latillas.

4.5.3. Instalación de las cintas de riego

Las cintas de riego por goteo fueron establecidas a una distancia de 1 metro entre ellas con uniformidad para garantizar las dosis de riego en cada uno de los tratamientos estudiados, para lo cual se utilizó una válvula por cada cinta de riego para poder manejar los tiempos de acuerdo con los tratamientos establecidos.

4.6. Siembra

La siembra se realizó de manera manual donde se procedió a realizar los hoyos con una profundidad entre 2 a 3 cm, se colocó una semilla por nido, cada una de estas semillas fueron tratadas con Saddler, siendo el ingrediente activo Tiodicarb, se aplicó una dosis de 25 mL por cada kilo de semilla.

4.6.1. Riego y determinación de las dosis a aplicar

El sistema de riego que se utilizó fue mediante cintas de goteo de la marca TORO con los goteros separados a 0,20 metros, las cintas fueron ubicadas acorde a las hileras de plantas

las cuales están separadas a un metro de distancia. Se evaluó el sistema de riego para determinar el caudal medio de los goteros y porcentaje de uniformidad y con ello determinar los tiempos de riego necesarios acorde con los porcentajes de la lámina que fueron aplicadas las que fueron establecidas al 120%, 100%, 90%, 80% de la lámina bruta parcial determinada mediante la programación de riego.

Los factores agroclimáticos que se utilizaron fueron: clima, suelo, cultivo, elementos que permitieron la programación del riego mediante software cropwat 8.0. Los datos de cultivo están asociados al cultivo del maíz Tabla 7. Los datos del clima fueron tomados de la estación meteorológica La Teodomira con una serie de 18 años, comprendida entre el año 2000 y 2018. (Tabla 8). Los parámetros de suelo, fueron determinado en el Laboratorio de suelo y aguas del departamento de Ciencias Agrícolas (Tabla 9), así como los elementos relacionados con el cultivo de acuerdo con las recomendaciones de la empresa Farm Agro, para la cual se utilizó el Híbrido Py 4039.

Con los datos climáticos relacionados en las Tablas 7, 8 y 9, y utilizando el software Cropwat, se realizó la programación del riego del cultivo, lo que permitió determinar, el número y las fechas de riego, así como las láminas netas y brutas parciales (L_{np} y L_{bp}), en L.m²; a aplicar en cada riego (Anexo 1), Con las láminas obtenidas del cropwat 8.0 se determinaron las láminas brutas a aplicarle al cultivo de acuerdo a los porcentajes estudiados. Tabla 10. Con las fechas de cada riego según el desarrollo fenológico del cultivo y el caudal medio de los goteros se determinaron los tiempos de riego, que se aplicaron a lo largo del periodo de desarrollo del cultivo Tabla 11.

La determinación de los tiempos de riego se realizó mediante el siguiente procedimiento:

Para conocer el caudal del gotero se realizó la evaluación del sistema, se seleccionaron 16 puntos de muestreos, se colocaron pluviómetros debajo de cada uno de los goteros evaluados y se determinó el volumen de agua registrado en cada pluviómetro en mL, la prueba duró 20 minutos. Para determinar el caudal en L.h se multiplicó el volumen obtenido por tres.

Se obtuvo el caudal medio de las 16 observaciones realizadas equivalente a 0,6 L.h. Con este caudal medio y con la longitud de la cinta de riego y la distancia entre goteros se determinó el caudal que recibió el surco en cada riego, todo este procedimiento permitió

determinar cada uno de los parámetros establecidos para calcular los tiempos de riego, cuyo procedimiento se describe a continuación:

$Tr = \frac{VNS}{VRS} (h)$	$VNS = Lbp \times Lfh \times Afh (h)$	$VRS = qg \times Ng (h)$
----------------------------	---------------------------------------	--------------------------

Donde:

Tr:	Tiempo de riego en (h)
VNS:	Volumen que necesita surco (L)
VRS:	Volumen que recibe el surco (L.h ⁻¹)
Lbp:	Lámina bruta en (L.m ²)
Lfh:	Largo de la franja húmeda (m)
Afh:	Ancho de la franja húmeda (m)
qg:	Caudal del gotero (L.h ⁻¹)
Ng:	Número de goteros

Los resultados obtenidos fueron

- Caudal del gotero= 0,6 L.h
- Longitud del lateral= 30 metros
- Número de goteros= 150
- Caudal del lateral= 90 L.h
- Largo de la franja húmeda= 30 metros
- Ancho de la franja húmeda= 0,30 (Se determinó mediante el TDR)
- Volumen que recibe el surco= 90 L. h
- Volumen que necesita el surco= Fue calculado de acuerdo con las láminas brutas por cada riego y con ello se determinó el tiempo de riego conociendo el volumen que recibe el surco

De acuerdo con los tiempos de riego determinado, se aplicó el riego acorde con los tratamientos estudiados, consistente en el 120; 100; 90 y 80 % de la lámina bruta parcial a aplicar tabla 10.

Tabla 6: Datos relacionados con el cultivo

Parámetros/ cultivos	UM	Tecnología riego por Goteo
Cultivos		Maíz
Marco de siembra	m	Variado según el experimento (1x0,15); (1x0,20) y (1x0,25)
Días a la cosecha	Días	120
Etapas para el manejo del riego	Días	20; 40 y 20
Zr. Sistema radicular efectivo	m	0.15; 0.25 y 0.35
Kc: Coeficientes de cultivo		0.80; 1.15 y 0.90
Altura del cultivo estimada	m	2.70
Factor de agotamiento		0.3
Fechas de siembra		5 de agosto

Tabla 7: Datos climáticos la Teodomira 2000 a 2018

Mes	Temperatura Min °C	Temperatura Max (°C)	Humedad relativa (%)	Viento (m/s)	Insolación (horas)	Precipitación. (mm)	Evaporación. (mm)
Enero	22.6	30.6	81	0.8	6.5	112,51	115,54
Febrero	22.7	30.9	83	0.7	7.5	163,59	102,34
Marzo	23.2	31.7	82	0.7	10.4	192,89	134,39
Abril	23.0	31.6	83	0.7	10.8	141,35	140,98
Mayo	22.6	30.9	82	0.9	9.7	41,79	139,84
Junio	21.7	29.9	83	0.8	7.2	13,44	127,41
Julio	21.4	29.5	80	0.9	8.6	12,04	137,32
Agosto	21.3	30.0	78	1.0	9.9	1,56	155,60
Septiembre	21.5	31.0	76	1.2	10.0	1,45	156,34
Octubre	21.0	31.2	76	1.0	9.5	1,97	160,67
Noviembre	21.8	30.5	75	1.1	9.7	1,08	160,16
Diciembre	21.7	31.2	77	1.1	8.2	43,16	147,26
Promedio	22.0	30.8	80	0.9	9.0	60,57	139,82
						787	1817,67

Tabla 8:Propiedades hidrofísicas del suelo

% Arena	% Arcilla	% Limo	Clase Textura I	Densidad Aparente (g.cm³)	Densidad Real (g.cm³)	Porosidad (%)	Capacidad de campo (%Pss)	Punto de marchitez (%Pss)
52,4	47	0,6	Arc.Are noso	1,22	2,65	57,73	23,25	12,20
44,8	46,2	9	Arc.Are noso	1,25	2,65	57,73	24,39	13,04

Tabla 9:Láminas brutas a aplicarle al cultivo de acuerdo a los porcentajes estudiados en (L.m²)

Fechas de Riego	Lnp (L.m²)	Lbp (L.m²)	120 % de la Lbp (L.m²)	100 % de la Lbp (L.m²)	90 % de la Lbp (L.m²)	80 % de la Lbp (L.m²)
5/8/2019	10	11,1	12,21	11,1	9,99	8,88
9/8/2019	10,7	11,9	13,09	11,9	10,71	9,52
12/8/2019	11	12,2	13,42	12,2	10,98	9,76
15/8/2019	11,1	12,4	13,64	12,4	11,16	9,92
19/8/2019	14,7	16,4	18,04	16,4	14,76	13,12
23/8/2019	15,5	17,2	18,92	17,2	15,48	13,76
27/8/2019	15,8	17,5	19,25	17,5	15,75	14
31/8/2019	16	17,7	19,47	17,7	15,93	14,16
4/9/2019	18,8	20,9	22,99	20,9	18,81	16,72
8/9/2019	18,8	20,9	22,99	20,9	18,81	16,72
12/9/2019	20,4	22,6	24,86	22,6	20,34	18,08
16/9/2019	21,4	23,8	26,18	23,8	21,42	19,04
20/9/2019	21,4	23,8	26,18	23,8	21,42	19,04
24/9/2019	21,1	23,4	25,74	23,4	21,06	18,72
28/9/2019	21,1	23,4	25,74	23,4	21,06	18,72
2/10/2019	20,6	22,9	25,19	22,9	20,61	18,32
6/10/2019	19,8	22	24,2	22	19,8	17,6
10/10/2019	19,8	22	24,2	22	19,8	17,6

Total	308	342,1	376,31	342,1	307,89	273,68
-------	-----	-------	--------	-------	--------	--------

Tabla 10: Tiempos de riego en minutos, según las láminas brutas de riego y los porcentajes de las láminas aplicados

Fechas de los riegos	Tiempos de riego en minutos para la Lámina 1 (120% de la Lbp)	Tiempos de riego en minutos para la Lámina 2 (100 % de la Lbp)	Tiempos de riego en minutos para la Lámina 3 (90 % de la Lbp)	Tiempos de riego en minutos para la Lámina 4 (80 % de la Lbp)
05/08/2019	80	67	60	54
09/08/2019	85	71	64	57
12/08/2019	87	73	66	58
15/08/2019	89	74	67	59
19/08/2019	118	98	88	78
23/08/2019	124	103	93	82
27/08/2019	126	105	95	84
31/08/2019	127	106	95	85
04/09/2019	150	125	113	100
08/09/2019	150	125	113	100
12/09/2019	163	136	122	109
16/09/2019	172	143	129	114
20/09/2019	172	143	129	114
24/09/2019	168	140	126	112
28/09/2019	168	140	126	112
2/10/2019	164	137	123	110
6/10/2019	158	132	119	106
10/10/2019	158	132	119	106

4.7. Control de malezas

Para controlar las malezas se procedió aplicar el herbicida post emergente a las malezas siendo eficaz con el ingrediente activo glifosato donde se aplicaron 2 dosis de 150 mL en 20 litros de agua, además luego de haber germinado el maíz se realizó el control de malezas de manera manual.

4.8. Fertilización

Se realizaron 3 fertilizaciones edáficas acorde a la fase del cultivo días posteriores a la siembra, la primera fertilización se realizó a los 10 días después de la siembra utilizando el fertilizante INDIA con formulación 16N-16P-16K con una dosis de 5 g. plantas. la segunda

fertilización se realizó a los 25 días posterior a la siembra añadiendo 5 g. plantas con una mezcla de fertilizantes como :7 kg de N P K 16-16-16 ,6 kg de Yaramila Hydra con formulación 19-4-19 y 4 kg de urea.

La tercer y ultima aplicación se realizó a los 40 días nuevamente con una combinación de fertilizantes los cuales son 7 kg de urea y 7 kg de nitrato de potasio, con dosis de 5 g. plantas.

4.9.Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual, una vez alcanzada la madurez fisiológica del cultivo a los 120 días de la siembra con un secado óptimo de los granos cristalinos de maíz.

4.10. Control Fitosanitario

Las plagas fueron combatidas con el producto luger con una dosis de 20 g en 20 litros de agua a los 20 días y un insecticida para combatir la mayor plaga del cultivo de maíz *Spodoptera frugiperda* conocido común mente como “Gusano cogollero”, el insecticida fue Pyrinex con su ingrediente activo Clorpirifos mezclado con arena, el producto se aplicó comenzando a ver indicios de ataques del gusano cogollero que fue en los días 35 y 36 después de la siembra.

4.11. Variables evaluadas

Se seleccionaron 9 plantas por replica y 27 plantas por tratamiento para el análisis morfológico estas plantas fueron elegidas en los primeros días de la emergencia hasta el día de su cosecha.

4.11.1. Morfología

- **Días a emergencia de semilla**

Después de germinar más del 50% de las plantas se tomó en cuenta los días del cultivo

- **Altura de planta**

Se utilizó mediante un flexómetro con el cual se tomó la altura de las plantas a los 20, 40 y 60 días después de la siembra desde el suelo hasta la altura de la última hoja desplegada de la planta.

- **Diámetro del tallo**

La medición del tallo de las plantas se realizó con un calibrador electrónico esta medida se tomó del punto más prominente del tallo que fueron realizadas a los 20, 40 y 60 días después de la siembra a una altura promedio de 2cm a 3 cm del suelo.

A) Número de hojas

De las 27 plantas que conformaban un tratamiento se contabilizó el número de hojas de cada una de ellas a los 20, 40 y 60 días después de la siembra

4.11.2. Productivas

Rendimiento

Los parámetros productivos fueron evaluados con el determinado diseño experimental donde se cosecharon 9 mazorcas por replica para un total de 27 mazorcas por tratamiento, el cual cada una de estas mazorcas correspondía a la planta que fue estudiada y dividida por su tratamiento y replica, vale recalcar que la cosecha se realizó 120 días después de la siembra el cual se realizó con mucho cautela ya que influía la alimentación de los pájaros la cual perjudicaría el rendimiento exacto de cada tratamiento y fue controlado con fundas de papel. Luego del debido proceso de cosecha se procedió llevar todas las mazorcas con su debida identificación para laboratorio donde se tomaron variables como:

Peso total de la mazorca: Mediante una balanza analítica se tomaron datos de peso total de cada una de las mazorcas con su debida identificación de tratamiento

Número de hileras: Se procedió a contar la cantidad de hileras que conformaba cada una de las mazorcas.

Peso total de tusa: Luego de desgranar manualmente la mazorca se procedió a pesar la tusa en la antes mencionada balanza analítica.

Peso total de grano: Después de desgranar la mazorca se separó la tusa de los granos para así pesar independiente los granos de cada mazorca.

Diámetro de mazorca: Mediante un calibrador electrónico se midió el diámetro de las respectivas mazorcas.

Longitud de mazorca: Este parámetro se realizó con una regla, el cual se midió cada una de las mazorcas con medida de centímetro.

Rendimiento final

La producción total o rendimiento fue estimada en kg. ha-1 y en t. ha-1 por el promedio de los granos en kilogramos por el número de plantas que conformaba cada ha según su distanciamiento poblacional y por su dosis de riego asignada, luego de rendimiento total en kg. ha-1 transformarlos en t. ha-1

4.11.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza Bifactorial mediante programa estadístico STATGRAPHICS (Statistical Analysis System), aplicando la prueba de Tukey, para la comparación de media para un nivel de significancia del ($P < 0.05$).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de las variables morfofisiológicas

5.1.1. Análisis de las variables morfológicas altura de plantas diámetro del tallo y número de hojas a los 20 días posteriores a la siembra

La **Tabla 11** refleja el comportamiento de los análisis de varianza de los factores en estudio, porcentaje de la lámina bruta y densidad de siembra sobre las variables morfológicas: altura de plantas, diámetro del tallo y número de hojas a los 20 días posteriores a su siembra. Con respecto al factor porcentaje de la lámina bruta existe un efecto estadísticamente significativo sobre cada una de las variables en estudio. Se presentó diferencia significativa cuando se aplicó el riego en correspondencia con la programación elaborada, obteniéndose la mayor altura para el 120 de la lámina bruta, con 58,53 cm, lo cual pudo estar dado porque la cantidad de agua aplicada para el 100 % de la lámina, no cubrió los requerimientos hídricos del cultivo. Como se puede apreciar en la tabla 12 el reducir la lámina de riego requerida por el cultivo en el inicio de su fase vegetativa en un 20 % dio lugar a una diferencia de 11,66cm y 6,32 cm en altura comparada a cuando se cumplió con el requerimiento hídrico del cultivo. Para las variables: diámetro del tallo y número de hojas no se presentó diferencia significativa cuando se aplicó el 100 % de la lámina bruta y el 120 %.

Con respecto al factor densidad de siembra, se observó un efecto significativo con relación a las variables evaluadas altura de plantas y diámetro del tallo. Las plantas sembradas a 0,25 m alcanzaron las mayores medias tanto para la altura de plantas como para el diámetro del tallo con 53,51 y cm y 9,42 mm, lo que demuestra que una distancia óptima entreplanta puede dar como resultado las máximas altura de plantas en el cultivo del maíz. Con respecto al número de hojas no se presentó diferencias significativas para factor densidad de siembra.

Tabla 11: Comportamiento de las variables AP; DT y NH a los 20 días

Efectos individuales/ interacción	Altura de Planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas
Porcentaje de humedad			
Significación	*	*	*
1 (120%)	58,53 a	9,741 a	9a
2 (100%)	53,19 b	9,430 a	9a
3 (90%)	47,35 c	8,67 b	8b
4 (80%)	46,87 c	8,52 b	8b
Error estándar	0,39	0,09	0,08
Densidad de siembra			
Significación	*	*	NS
A (15cm)	49,41 c	8,75 c	9
B(20cm)	51,55 b	9,10 b	9
C(25cm)	53,51 a	9,42 a	9
Error estándar	0,34	0,07	0,074

Nota: Letras diferentes en una misma columna significa diferencia significativa para ($P < 0,05$)

En la **Figura 1** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable altura de planta a los 20 días, se observa que hubo diferencia significativa para los tratamientos en estudio. Los tratamientos (T1, T2 y T3) donde se aplicó el 120 % de la lámina de riego, y se estudiaron las distancias entre plantas de 0,15; 0,20 y 0,25 metros con densidades de siembra de 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha respectivamente no presentaron diferencias significativas entre ellos, con alturas que oscilaron entre los 58 y 59 cm respectivamente. Esto tratamientos difieren del resto de los tratamientos que recibieron el 100, 90 y 80 % de la lámina de riego con igual densidad de siembra. Se observa que los tratamientos que recibieron el 90 y el 80 % de la lámina de riego presentaron las altura de plantas más pequeñas, siendo el tratamiento (T10), con una densidad de 66 666 plantas por hectáreas y la aplicación del 80 % de la lámina el que expresó la menor altura con una media de 42,81 cm, lo cual evidencia que tanto la densidad de siembra como un insuficiente cumplimiento del requerimiento hídrico del cultivo tiene efecto negativo sobre el desarrollo del cultivo del maíz.

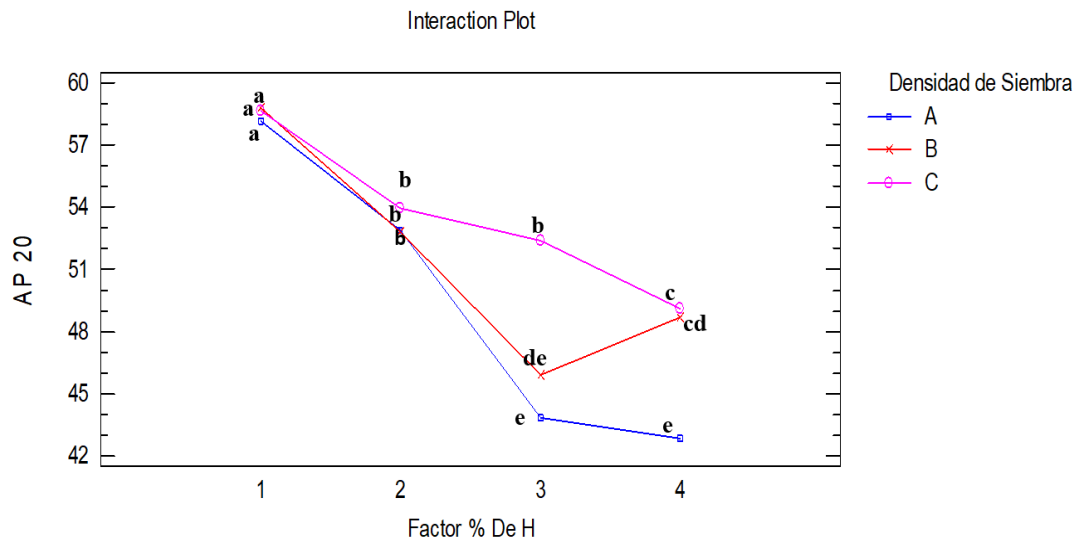


Figura 1: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable altura de planta a los 20 días.

En la **Figura 2** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro del tallo a los 20 días, se observa que hubo deferencia significativa para los tratamientos en estudio. Los tratamientos (T1, T2 y T3) donde se aplicó el 120 y 100 % de la lámina de riego, y se estudiaron las distancias entre plantas de 0,15; 0,20 y 0,25 metros con densidades de siembra de 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha respectivamente no presentaron diferencias significativas entre ellos, Según se muestra en la figura 2 el diámetro del tallo a los 20 días después de la siembra alcanzó la mayor media en el tratamiento número uno (120%) y el tratamiento dos (100%) ya que el aumento en sus dosis de riegos influyó en el crecimiento de los mismos y con una dosificación de agua menor influyo en los tratamientos número tres y cuatro donde fueron los que menor diámetro de tallo alcanzaron, con la excepción del tratamiento tres con una densidad poblacional de 40000 plantas por ha y el tratamiento que menor diámetro de tallo fue el tres pero con una densidad poblacional de 66666 plantas demostrando que al aumentar la densidad de plantas no pudo satisfacer sus necesidades hídricas.

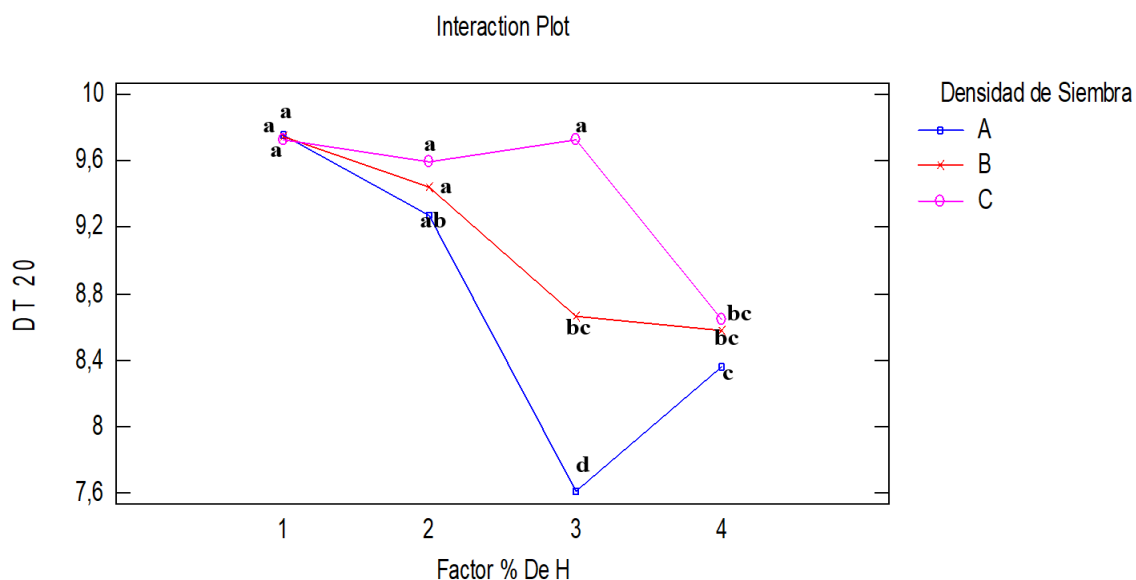


Figura 2: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro del tallo a los 20 días.

5.1.2. Análisis de las variables morfológicas altura de plantas diámetro del tallo y número de hojas a los 40 días posteriores a la siembra

En la **Tabla 12** se expone el comportamiento de los indicadores morfológicos: altura de plantas, diámetro del tallo y número de hojas a los 40 días posteriores a la siembra. De acuerdo con los resultados promedios obtenidos, se puede observar que no existió un efecto significativo de los porcentajes de humedad con respecto a las variables altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas.

Tabla 12: Comportamientos de las variables AP; DT y NH a los 40 días

Efectos individuales/interacción	Altura de Planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Número de hojas
Porcentaje de humedad			
Significación	NS	NS	NS
1(120%)	108,85	24,42	11
2(100%)	105,93	24,29	11
3(90%)	109,39	24,36	11
4(80%)	108,85	23,41	10,63 b
Error estándar	1,40	0,30	0,08
Densidad de siembra			
Significación	*	*	NS
A(15cm)	110,41 a	23,32 b	11
B(20cm)	112,25 a	24,78 a	11
C(25cm)	102,12 b	24,26 a	11
Error estándar	1,20	0,26	0,07

Nota: Letras diferentes en una misma columna significa diferencia significativa para ($P < 0,05$).

En relación a densidad de siembra se presentó un efecto significativo para las variables altura y diámetro del tallo. Las variables altura de plantas y diámetro del tallo expresan un similar comportamiento se puede observar que la distancia de 0,20 metros expresa el mejor comportamiento con 112,25 cm y 24,78 mm de altura de planta y diámetro del tallo respectivamente. La distancia entre plantas no tuvo un efecto significativo sobre la variable número de hojas.

En el análisis de las interacciones no se presentó un efecto significativo sobre las variables en estudio altura de plantas, diámetro del tallo y número de hojas los 40 días posteriores a la siembra.

5.1.3. Análisis de las variables morfológicas altura de plantas diámetro del tallo y número de hojas a los 60 días posteriores a la siembra

En la **Tabla 13**, se muestran la media del análisis de varianza de los factores porcentaje de humedad y de la densidad de siembra, con respecto a las variables: altura de planta, diámetro de tallo, numero de hoja y la inserción de la mazorca, a los 60 días posteriores a la siembra. Se presentó diferencias significativas entre las medias de acuerdo a los porcentajes de humedad evaluados y la distancia entre plantas

Con respecto a la altura de plantas la mayor media se obtuvo cuando se aplicó el 120% de la lámina bruta alcanzando una altura promedio de 243,11 cm, y la menor altura se alcanzó con la aplicación del 80% con 217, cm. Estos resultados evidencian una diferencia en la altura de las plantas de 12,12; 24,35 y 25,19 cm al comparar las alturas alcanzadas con el 120 % de la lámina de riego a cuando se aplicaron el 100; 90 y 80 % de la lámina requerida calculada mediante el Software Cropwat.

Con respecto a la variable diámetro del tallo, no se presentó diferencia significativa para para el 100 y 120 %, con valores promedios de 29,93 y 29,58 mm respectivamente, estas medias difieren con respecto a los porcentajes del 90 y 80 donde se alcanzaron medias de 28,58 y 28,63 mm respectivamente.

El comportamiento de los parámetros morfológicos analizados a los 60 días, con relación a la variable número de hojas los factores porcentaje de humedad y densidad de siembra según el análisis de varianza no expone diferencias significativas, en ambos casos el resultado promedio equivale a 14 hojas por tratamiento.

Los datos relacionados a la altura de inserción de las mazorcas son presentados en la Tabla 22, donde se evidencia que, de acuerdo al análisis de varianza, existió significancia según los porcentajes de humedad evaluados, alcanzando la mayor altura de inserción cuando se aplicó el 120 % de humedad.

Tabla 13: Comportamientos de las variables AP; DT y NH a los 60 días

Efectos individuales/ interacción	Altura de Planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Número de hojas	Inserción de Mazorca (cm)
Porcentaje de humedad				
Significación	*	*	NS	*
1(120%)	243,11 a	29,93 a	14	128,06 a
2(100%)	230,99 b	29,58 a	14	120,73 b
3(90%)	218,76 c	28,53 b	14	118,30 c
4(80%)	217,92 c	28,67 b	14,0	118,30 c
Error estándar	0,96	0,10	0,02	0,16
Densidad de siembra				
Significación	*	*	NS	*
A(15cm)	221,73 c	27,66 c	14	118,5 c
B(20cm)	227,59 b	28,75 b	14	121,47 b
C25cm)	233,75 a	31,11 a	14	124,08 a
Error estándar	0,83	0,095	0,017	0,13

Nota: Letras diferentes en una misma columna significa diferencia significativa para ($P < 0,05$)

Con respecto a la densidad de siembra se presentó diferencia significativa entre las medias de las distancias evaluadas, alcanzando la mayor altura de plantas con la distancia de 0,25 m con una media de 233,75 cm. Similares comportamientos presentaron las variables diámetro del tallo e inserción de la mazorca, donde se obtuvieron valores medio de 31,11 mm y 124,08 cm respectivamente. El menor valor de la se obtuvo 118,5 cm en la altura de inserción de la mazorca con las plantas sembradas a 0,15 cm; señalando que los dos factores de estudio tanto porcentaje de humedad y densidad de siembra influyen en el comportamiento morfológico de la planta indicando la influencia significativa de acuerdo a los resultados estadísticos.

5.1.4. Análisis de las interacciones para los 60 días

El análisis de las interacciones a los 60 días después de la siembra presentó efecto significativo en las variables de estudio diámetro del tallo y la altura de inserción de la mazorca. En la **Figura 3** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio

para la variable diámetro del tallo a los 60 días, El tratamiento T1, donde se aplicó el 120 % de la lámina de riego y se evaluó la distancia entre plantas de 0,15 metros con densidades de siembra de 66 666 plantas por ha y el tratamiento T4, con igual densidad de siembra, pero con el 100 % de la lámina de agua no presentaron diferencias significativas entre ellos. Estos tratamientos mostraron diferencias con el resto de los tratamientos, revelando que las parcelas en las que las plantas fueron sembradas a 0,15 m entre ellas, con una densidad de siembra de 66,666 plantas ha, presentaron los valores más bajos en el diámetro del tallo comparada con las sembradas a 0,20 y 0,25 m con 50 000 y 40 000 plantas por ha respectivamente.

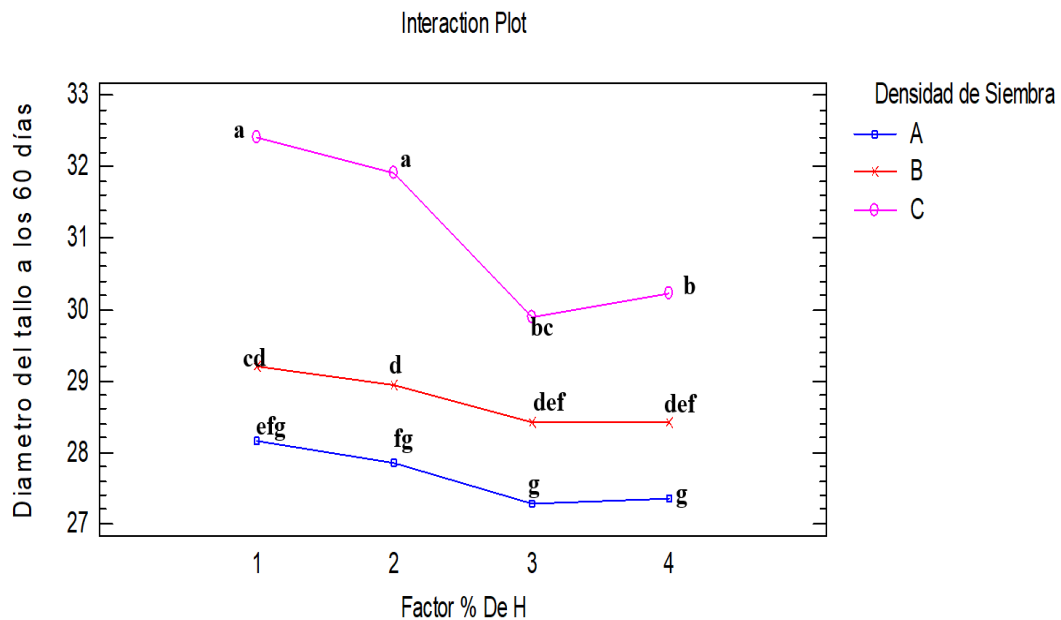


Figura 3: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro del tallo a los 60 días

En la **Figura 4** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable inserción de mazorca a los 60 días, se observa que hubo deferencia significativa para los tratamientos en estudio. Los tratamientos (T1, T2 Y T3) donde se aplicó el 120 % de la lámina de riego y se estudiaron las distancias entre plantas de 0,15; 0,20 y 0,25 m, con densidades de siembra de 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha respectivamente presentaron diferencias significativas entre ellos , la mayor inserción se obtuvo con una distancia poblacional de 40 000 plantas por ha y la lámina de riego de 120 porciento con una altura de inserción de la mazorca de 135, se puede observar en la gráfica de interacciones que el aumento poblacional de plantas y disminución de dosis de la lámina de riego afecta significativamente el desarrollo del cultivo de maíz, donde se observa que a menor dosis de

riego, menor altura de inserción de mazorca como se muestra en la figura 4 los comportamientos en las alturas de inserción cuando se aplicó el 90 y el 80 % de la lámina bruta requerida.

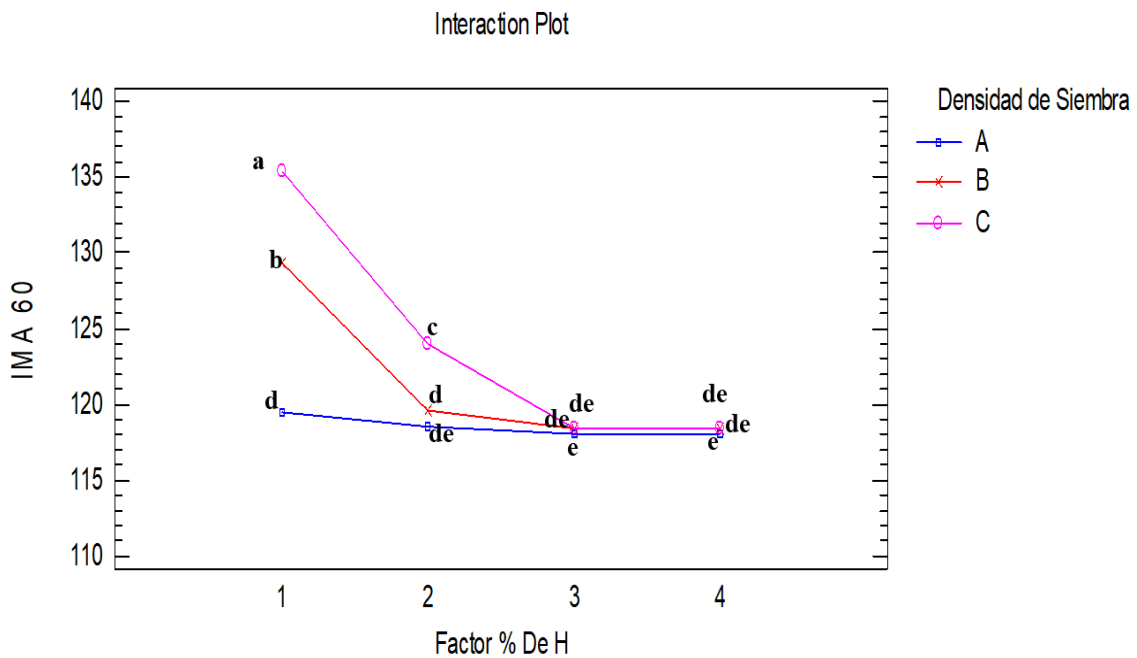


Figura 4: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable inserción de mazorca a los 60 días

En la **Figura 5** se expresan los valores de las alturas de plantas alcanzados para cada uno de los tratamientos evaluados, no se presentó diferencia significativa para los tratamientos, las alturas de plantas oscilaron entre 252 y 214 cm respectivamente, con una diferencia de 38 cm. Con respecto a los análisis teniendo en cuenta la densidad de siembra, determinada por la distancia entre las hileras de plantas y la distancia entre plantas y los porcentajes de las láminas de riego aplicada, todos los tratamientos presentaron diferencias, aunque el análisis estadístico no expresa diferencia significativa.

Al comparar las alturas de plantas teniendo en cuenta los porcentajes de las láminas, cuando se aplicó el 120 % de la lámina y se evaluó 40 000 plantas por ha, alcanzó diferencia de 15; 28 y 29 cm en la altura de las plantas comparado con los tratamientos (T6; T9 y T12), con igual densidad de siembra pero que recibieron el 100, 90 y 80 % de la lámina de riego obtenida mediante la programación del riego mediante el Software Cropwat, estos resultados corroboran lo planteado por (Cortez B. W., 2019), quien señala que el híbrido de maíz Py 4039 que para asegurar la uniformidad en su crecimiento es necesario garantizar condiciones óptimas para su desarrollo.

Con la aplicación del 120 % de la Lámina bruta de riego y 40 000 plantas ha se alcanzó la mayor altura de plantas con 252 cm y 145 cm de inserción de la mazorca coincidiendo (Gómez, 2019). Quien señala que el híbrido de maíz Py 4039 presenta excelente calidad de tallos, raíces, Combina uniformidad, estabilidad y alto rendimiento. Con distancia de siembra entre surcos de 0.8– 0.9 metros, densidad de 62500- 67000 plantas por hectárea la altura de la planta puede alcanzar desde 2.65 hasta 2.75 metros y la mazorca a una altura desde 1.45 m hasta 1.55 m. Los resultados también coinciden con lo planteado por (Holguín, 2019), al evaluar el híbrido “Pioneer 4039” obtuvo una altura de la planta de 233 cm y altura de inserción de la mazorca de 116 cm, el peso promedio de los granos por mazorcas de 124 gramos y el rendimiento agrícola fue de 8.06 tha-1 de grano seco.

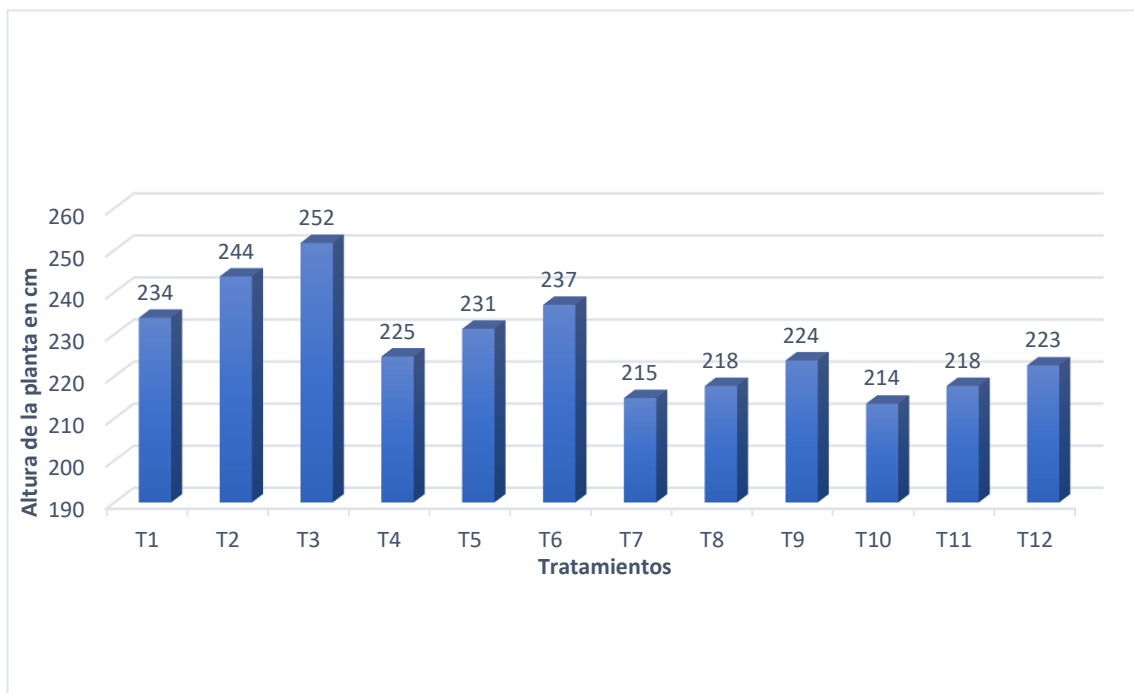


Figura 5: Comportamiento de las alturas de las plantas por tratamientos evaluados a los 60 días después de siembra.

Nota. - Comportamiento de las alturas de las plantas por tratamientos evaluados a los 60 días después de siembra (T1; T2 y T3; 120 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha); (T4; T5 y T6; 100 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha); (T7; T8 y T9; 90 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha) y (T10; T11 y T12; 80 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha).

Los resultados obtenidos evidencian que tanto el cubrimiento del requerimiento hídrico del cultivo del maíz híbrido Py 4039 como la densidad de siembra, tienen un efecto importante en el comportamiento de las variables morfológicas altura de plantas, diámetro del tallo e inserción de la mazorca.

5.2. Análisis de las variables productivas

5.2.1. Análisis de las variables productivas longitud de la mazorca (L.M); diámetro inferior de la mazorca (D.I) diámetro medio de la mazorca (D.M); diámetro superior de la mazorca (D.F); número de hileras (N.H) del híbrido estudiado.

En la **Tabla 14** se observa el comportamiento productivo de las variables longitud de la mazorca (L.M); diámetro inferior de la mazorca (D.I) diámetro medio de la mazorca (D.M); diámetro superior de la mazorca (D.F); número de hileras (N.H) del híbrido estudiado. En la evaluación de longitud de mazorca, el análisis de varianza mostró diferencia significativa entre las medias en el factor de estudio porcentaje de humedad, el cual registró el mayor promedio con 177 mm, cuando se aplicó el 100 % de la lámina bruta, aunque este no presentó diferencia significativa con respecto al 120 % de la lámina. Ambos porcentajes presentaron diferencia significativa tanto cuando se aplicó el 90 y 80 % de la lámina bruta. La diferencia en diámetro de la mazorca entre el tratamiento que recibió el 100% de la lámina con respecto al que recibió en 80 % de la lámina es de 29 mm lo que evidencia que un déficit en el requerimiento hídrico del cultivo puede tener una afectación sensible en el comportamiento de la mazorca.

En cuanto a la densidad de siembra no hay diferencia significativa entre las medias de las distancias estudiadas el distanciamiento B (20 cm) fue el mejor promedio con 166,08 mm de longitud de mazorca, a diferencia del C (25 cm) con 164,25 mm que fue el más bajo.

De acuerdo con el análisis de varianza se observa que en el análisis individual de diámetro de la mazorca inferior presentó diferencia significativa para el factor porcentaje de humedad y factor densidad de siembra. Según se observa en la tabla 23 los resultados de la variable diámetro de la mazorca inferior para el factor porcentaje de humedad expone que la media corresponde a 39,81 mm siendo este el resultado mayor, y como diámetro menor 28,41 mm. Para el caso densidad de siembra no existe diferencia estadística significativa, sin embargo, el mayor valor numérico reflejado es 34,72mm con la distancia entre plantas de 0,25 cm y una densidad de siembra de 40 000 plantas por ha.

5.2.2. Análisis de las variables productivas

Tabla 14: Comportamientos de las variables LM, DI, DM, DS y NH.

Análisis productivo del híbrido de maíz					
Factor	Longitud de la mazorca (mm)	Diámetro inferior (mm)	Diámetro medio (mm)	Diámetro superior (mm)	Número de hileras
Porcentaje de humedad					
Significación	*	*	*	*	
1(120%)	170 ab	39,81 a	47,94 a	30,41 a	15 a
2(100%)	177 a	36,22 b	48,22 a	29,27 ab	15 a
3(90%)	166 b	33,13 c	39,72 b	28,04 b	14 b
4(80%)	148 c	28,41 d	37,24c	24,44 c	13 c
Error estándar	2.87	0.45	0.47	0.5	0.11
Densidad de siembra					
Significación	NS	NS	NS	NS	*
A(15cm)	165,05	34,02	43,19	27,43	15 a
B(20cm)	166,08	34,44	43,38	27,86	14 b
C(25cm)	164,25	34,72	43,27	28,84	14 b
Error estándar	2.48	0.39	0.41	0.43	0.10

Nota: Letras diferentes en una misma columna significa diferencia significativa para ($P < 0,05$).

En cuanto al diámetro medio los resultados mostraron que el facto porcentaje de humedad reflejo diferencias estadísticas significativas obteniendo como el resultado promedio mayor 47,94 mm y como inferior 37,24 mm, a diferencia de la densidad de siembra que no presento diferencias estadísticas significativas, pero si numéricas mínimas, tomando como referencia el valor mayor 43,38 mm.

El resultado estadístico mediante análisis de varianza para el diámetro superior presentó diferencias significativas entre las medias de los porcentajes evaluados. No se presentó diferencia significativa cuando se aplicó el 120 y el 100 % de la lámina bruta de riego. Al comparar las medias del 120 y 100 con respecto a la media de la parcela que recibió el 80 % de la lámina bruta la diferencia es de 5,95 mm lo que evidencia que una afectación el requerimiento hídrico del cultivo puede afectar el parámetro el diámetro de la mazorca en extremo superior medio e inferior.

En la **Tabla 14** se muestran las medias de la variable número de hilera en el cual se puede observar que se obtuvieron diferencias significativas para porcentaje de humedad como para densidad de siembra siendo la media más alta para ambas variables 15 hileras, pero si hablamos de media baja el porcentaje de humedad manifestó 13 hileras mientras que la densidad de siembra reflejó 14 hileras.

5.2.3. Análisis de la variable productiva pesos de los granos (kg) y rendimiento (t. ha-1) del híbrido estudiado.

En la **Tabla 15** se observa el comportamiento productivo de las variables pesos de los granos (kg); rendimiento (t. ha-1) del híbrido de maíz, el rendimiento se estimó a partir del peso de la media de los granos por la densidad de plantas

Se presentó diferencias significativas para la variable pesos de los granos ($p < 0,05$ %) para ambos factores, en el porcentaje de humedad se puede apreciar que el promedio estadístico más alto es cuando se trabajó con el 120% del tratamiento estableciendo como resultado un valor de 0,232 kilogramos por mazorca, sin embargo, la menor media se obtuvo cuando se aplicó el 80 por ciento alcanzando una media de 0,125 kilogramos por mazorcas, con una diferencia de 0,107 kg por mazorca, lo que evidencia que una disminución en el suministro del requerimiento hídrico del cultivo determinado mediante el software Cropwat produce una afectación significativa en el comportamiento productivo del cultivo del maíz híbrido Py 4039.

Respecto al factor densidad de siembra, las plantas que crecieron a una distancia de (25 cm) alcanzaron el promedio del peso de los granos por mazorcas con 0,192 kilogramos, a diferencia de la densidad (15 cm) que fue el más bajo con 0,175 kilogramos.

Tabla 15: Resultados de las Variables productivas pesos de los granos (kg) y rendimiento (t. ha-1) del híbrido estudiado Py4039 bajo riego deficitario y diferentes densidades de siembra.

Factor/Indicadores	PG (kg)	Rendimiento (t. ha ⁻¹)
Porcentaje de humedad		
Significación	*	*
1 (120%)	0,232 a	10,44 a
2(100%)	0,193 b	8,49 b
3(90%)	0,180 b	8,018 b
4(80%)	0,125 c	5,63 c
Error estándar	0.0036	0.16
Densidad de siembra		
Significación	*	*
A(15cm)	0,175 b	10,02 a
B(20cm)	0,181 ab	7,816 b
C(25cm)	0,192 a	6,60 c
Error estándar	0.0031	0.13

Nota: Letras diferentes en una misma columna significa diferencia significativa para ($P < 0,05$)

Respecto al rendimiento se presentó diferencia estadísticamente significativa de acuerdo con los porcentajes de humedad y densidad de siembra; obteniendo que el tratamiento con 120% de humedad expresó el resultado mayor con 10,44 t.ha¹ el resultado más bajo de 5,63 t.ha¹ se obtuvo cuando se aplicó el 80% de porcentaje de humedad. En el caso de la densidad de siembra el mayor rendimiento estimado. correspondió con (15 cm) en el análisis individual con 10,02 a t.ha¹, en cambio con (25 cm) de distancia se consiguió un valor menor de 6,60 t.ha¹. lo que evidencia que la densidad de siembra es un factor determinante en el comportamiento del rendimiento del cultivo del maíz.

5.2.4. Análisis de las interacciones para las variables productivas diámetro inferior final de la mazorca, pesos de los granos (kg) y rendimiento (t. ha⁻¹) del híbrido estudiado.

El análisis de las interacciones solo se presentó efecto significativo en las variables productivas evaluadas Diámetro inferior y final de la mazorca, peso de los granos por mazorca y el rendimiento.

En la **Figura 6** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro inferior de la mazorca, se observa que hubo diferencia significativa para los tratamientos en estudio. Los tratamientos (T1, T2 y T3) donde se aplicó el 120 % de la lámina de riego, y se estudiaron las distancias entre plantas de 0,15; 0,20 y 0,25 metros con densidades de siembra de 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha y la lámina de riego donde se aplicó el 100 peciento con una densidad de 40 000 plantas respectivamente no presentaron diferencias significativas entre ellos, con diámetros inferiores que oscilaron entre los 38 y 41 milímetro. Los que difieren del resto de los tratamientos que recibieron el 100 % con densidades de 66 666 y 50 000 plantas por ha, 90 y 80 % de la lámina de riego con igual densidad de siembra. Se observa que los tratamientos que recibieron el 90 y el 80 % de la lámina de riego presentaron los menores diámetros inferiores de mazorcas, siendo el tratamiento (T10), con una densidad de 66 666 plantas por hectáreas y la aplicación del 80 % de la lámina el que expresó la menor media con 27 mm.

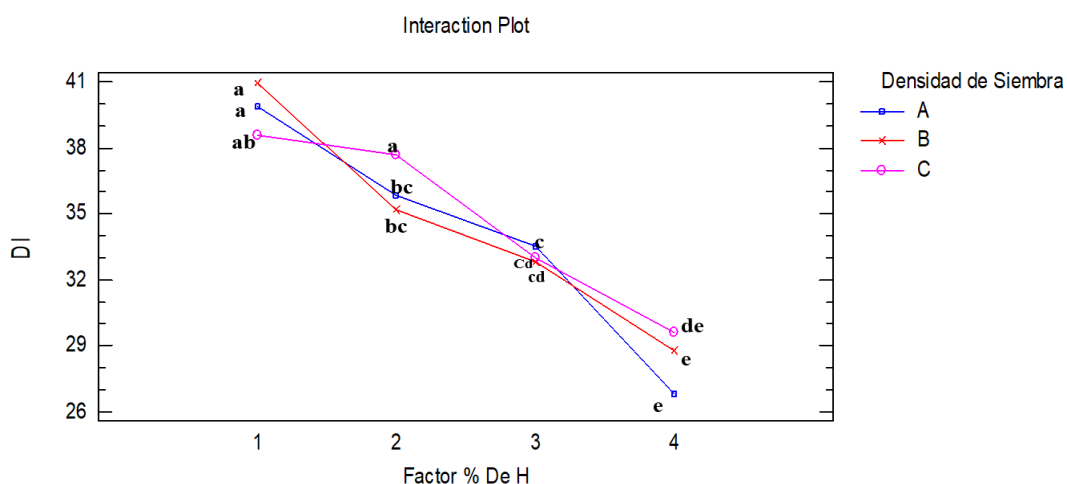


Figura 6: Comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro inferior de la mazorca

En la **Figura 7** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable diámetro final, se observa que hubo diferencia significativa para los tratamientos en estudio. Los tratamientos (T2 y T3) donde se aplicó el 120 % de lámina de riego y el tratamiento (T6) donde se aplicó el 100 % de lámina de riego, y se estudiaron las distancias entre plantas de 0,20 y 0,25 metros con densidades de siembra de 50 000 y 40 000 plantas por ha respectivamente no presentaron diferencias significativas entre ellos, con diámetros finales que oscilaron entre los 30 y 32 mm los que difieren del resto de los tratamientos que recibieron 90 y el 80 % de la lámina de riego con igual densidad de siembra , se observa que los menores diámetros finales se obtuvieron en el tratamiento (T10) ,con una densidad de 66 666 plantas por hectáreas y la aplicación del 80 % de la lámina de riego presentaron los diámetros finales de menor tamaño con una media de 22 mm , lo cual demuestra que un aumento de densidad poblacional y una menor dosis de agua afecta de manera negativa al cultivo de maíz.

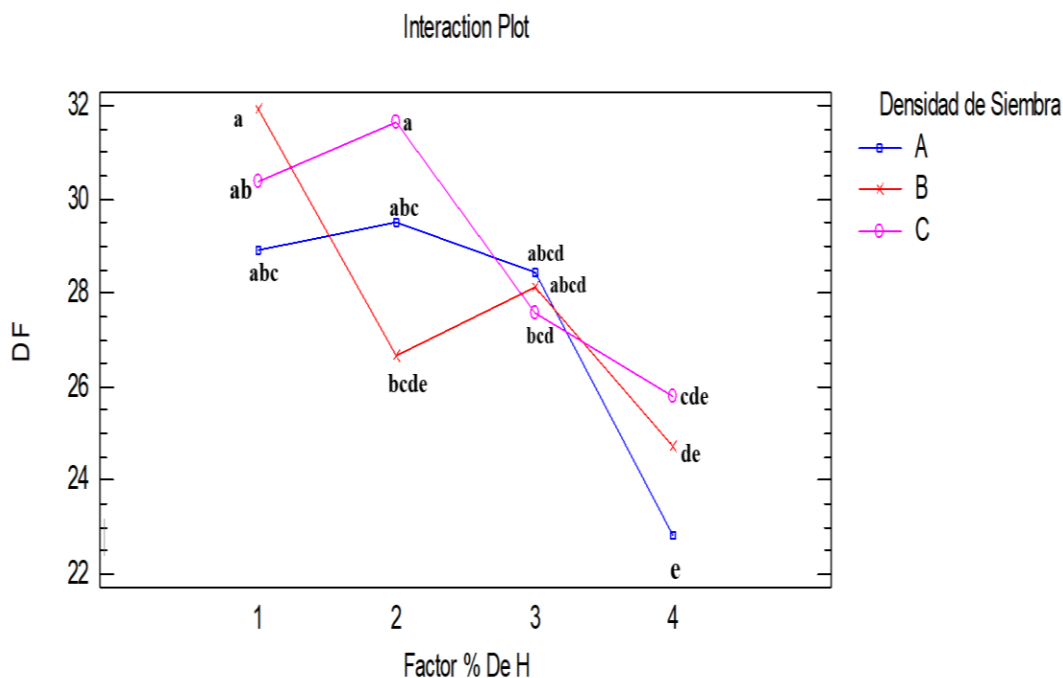


Figura 7: comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la Diámetro final de la mazorca

En la **Figura 8** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable peso de grano en kg, se observa que hubo diferencia significativa para los tratamientos en estudio. Los tratamientos (T1, T2, T3 y T6) donde se aplicó el 120 Y 100 % de la lámina de riego, y se estudiaron las distancias entre plantas de 0,15; 0,20 y 0,25 metros con densidades de siembra de 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha respectivamente no presentaron diferencias significativas entre ellos, con pesos promedio de los granos que oscilaron entre los 0.22 y 0.24 kg respectivamente. Los difieren del resto de los tratamientos que recibieron el 100% (T4 y T5) 90 y 80 % de la lámina de riego con igual densidad de siembra. Se observa que los tratamientos que recibieron el 90 y el 80 % de la lámina de riego presentaron los pesos de granos más bajo siendo los tratamientos (T10, T11, T12), con densidades de 66 666, 50 000, 40 000 plantas por hectáreas y la aplicación del 80 % de la lámina el que expreso los menores pesos de granos en kg con una media de 0.12 y 0.14 kg, lo que demuestra que reducción de la lámina de riego afecta directamente al cultivo de maíz con su peso de grano en mazorca.

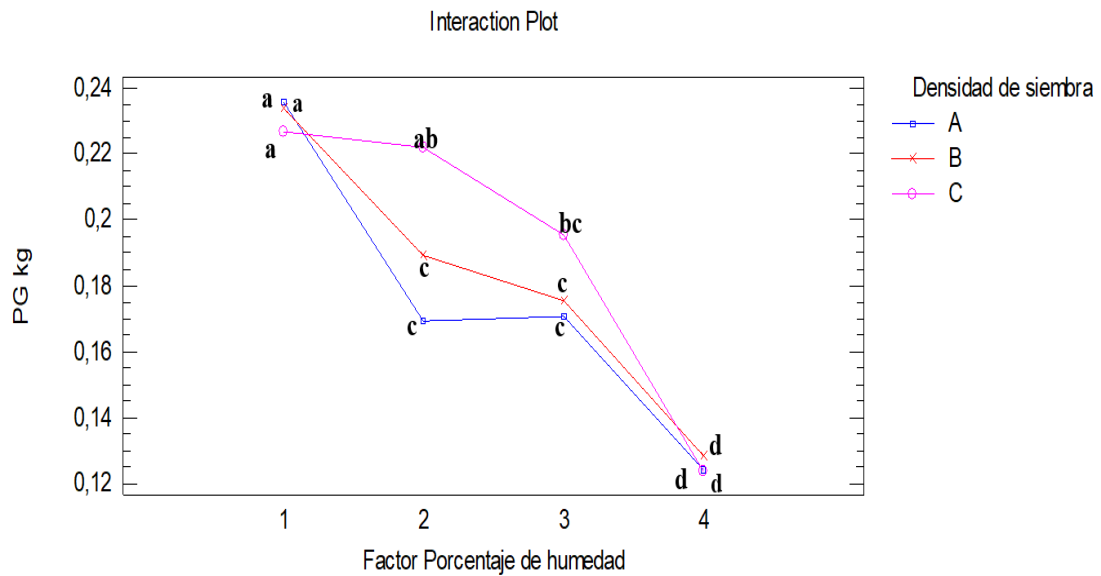


Figura 8: comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para el peso promedio de los granos por mazorca

En la **Figura 9** se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para la variable rendimiento total en t. ha-1, se observa que hubo diferencia significativa para los tratamientos en estudio. Los tratamientos (T1, T2, T4 y T7) donde se aplicó el 120, 100 y 90 % de la lámina de riego, y se estudiaron las distancias entre plantas de 0,15; 0,20 y 0,25 metros con densidades de siembra de 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha respectivamente no presentaron diferencias significativas entre ellos, con rendimientos totales por hectárea que oscilaron entre las 10.2 y 14 t. ha-1 respectivamente. Los difieren del resto de los tratamientos que recibieron el 100% (T5 y T6), 90% (T8 y T9) y 80 % de la lámina de riego con igual densidad de siembra. Se observa que los tratamientos que recibieron el 80 % de la lámina de riego presentaron el menor rendimiento total por hectárea (T11 y T12), con rendimientos que oscilaron entre 4.2 a 5 t. ha-1 ya que la reducción de riego y la densidad de siembra tienen un efecto significativo en el comportamiento productivo del cultivo del maíz.

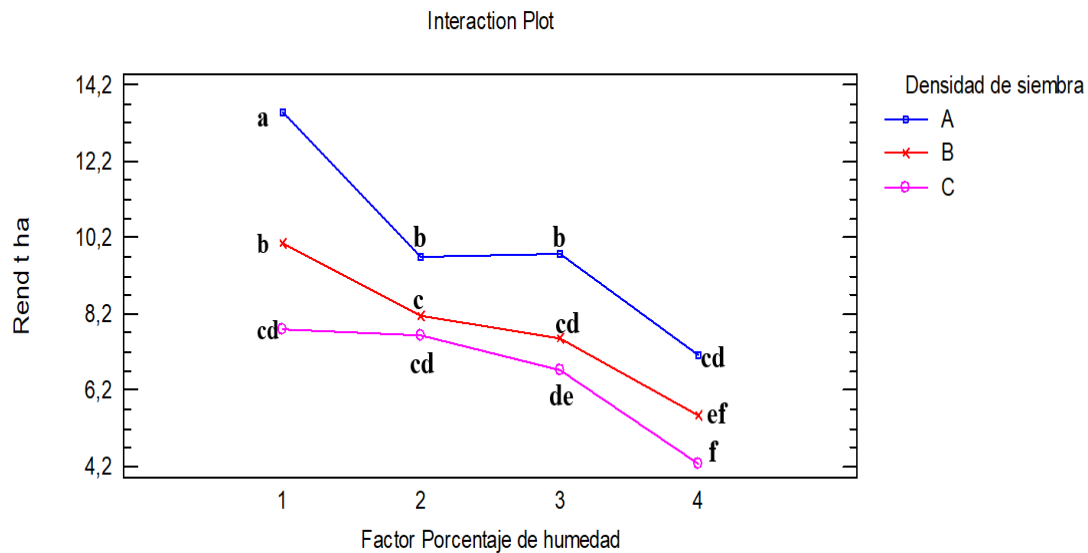


Figura 9: Se analiza el comportamiento de las interacciones de los factores en estudio para el rendimiento

En la **Figura 10** se analiza el comportamiento de rendimiento de acuerdo a los tratamientos estudiados (T1; T2 y T3; 120 % de la lámina bruta y 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha); (T4; T5 y T6; 100 % de la lámina bruta y 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha); (T7; T8 y T9; 90 % de la lámina bruta y 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha) y (T10; T11 y T12; 80 % de la lámina bruta y 66 666; 50 000 y 40 000 plantas por ha) según se muestra en la figura, se puede observar el comportamiento de los factores en estudio en la respuesta productiva del cultivo del maíz híbrido Py 4039, bajo el efecto del nivel del requerimiento hídrico con diferentes densidades de siembra. Los rendimientos estimados obtenidos presentan una tendencia en correspondencia con los porcentajes de humedad y la densidad de siembra, en la medida que se disminuyó el requerimiento hídrico de la planta el rendimiento disminuyó significativamente, igual comportamiento presentó el factor densidad de siembra en la medida que la densidad de siembra fue inferior; inferior fue la respuesta en el rendimiento, los tratamientos (T1; T2 y T3; 120 % de la lámina bruta y 66 666; 50 000 y 40 000 Plantas por ha); el T1 presentó el mayor rendimiento con 13,49 t.ha⁻¹, el cual difiere de los tratamientos T2 y T3, que recibieron el mismo porcentaje de la lámina de riego pero presentan una diferencia de 16 666 y 26 666 plantas por ha respectivamente, sin embargo no presentaron diferencia significativa con respecto al peso de los granos. Similares comportamientos presentaron el resto de los tratamientos. La mayor diferencia se obtiene al comparar los tratamientos T1; T2 y T3

con respecto a los tratamientos T10; T11 y T12: si comparamos el T1 con respecto al T10, que la diferencia está dada por la cantidad de agua recibida, hay una diferencia de 6,37 t. ha-1 por el hecho que el T1 recibió el 120 % de la lámina de riego y el T10 recibió el 80 % de la lámina, si comparamos el T1 con respecto al T12 la diferencia es de 9,26 t. ha-1 cuya diferencia está marcada por el efecto de los dos factores en estudio, tanto la lámina como la densidad de siembra.

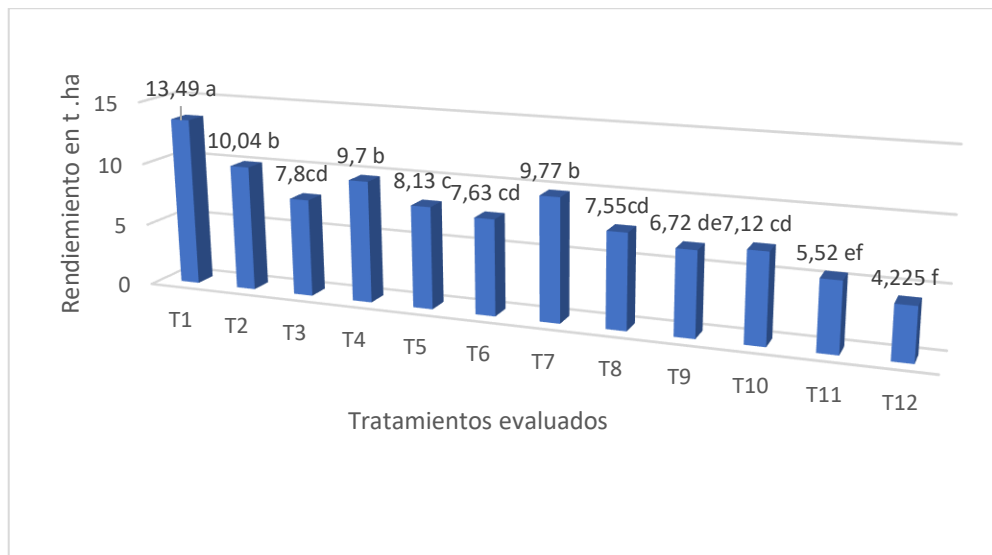


Figura 10: Comportamiento de rendimiento de acuerdo a los tratamientos estudiados

Nota 10.- Comportamiento de rendimiento de acuerdo a los tratamientos estudiados (T1; T2 y T3; 120 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha); (T4; T5 y T6; 100 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha); (T7; T8 y T9; 90 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha) y (T10; T11 y T12; 80 % de la lámina bruta y 66 666;50 000 y 40000 Plantas por ha).

Los resultados alcanzados superan a los rendimientos medios en la producción de maíz para el Ecuador, reportados por (Bermeo, 2019). Quien señala que para la época de invierno 2018 fue de con 5,81 t. ha-1. Siendo la provincia Loja la de mayor rendimiento alcanzando las 7,10 t ha-1 inferiores aún en el Guayas 4,37 t. ha-1. Dentro de los cantones que presentaron los mejores rendimientos superiores a los reportado a nivel nacional están Urdaneta, Ventanas, Sucre, Chone y Céllica. Los cantones de los ríos se caracterizaron por usar principalmente los híbridos Advanta 9313 y Autentica 259, con un promedio de 58 554 mazorcas por hectárea.

Las condiciones del experimento desarrollado se corresponden con los planteado por (Gómez, 2019), quien señala que el híbrido Py 4039 presenta excelente calidad de tallos, raíces,

sanidad de la planta y sanidad de los granos, con buena estabilidad y alto rendimiento recomendando densidad de siembra entre las 62500- 67000 plantas por hectárea.

Los rendimientos obtenidos con la aplicación del 120, 100 y 90 % de la lámina bruta y una densidad de siembra de 66 666 plantas por la del híbrido Py 4039 superan a lo reportado por (Holguín, 2019), donde obtuvo un peso promedio de los por mazorca de 124 gramos y el rendimiento agrícola fue de 8.06 tha-1.

Las densidades de siembras utilizadas fueron inferiores a las recomendadas por López (2016) quien señala que el maíz se adapta a una amplia variedad de suelos de textura media y pesada, profundos, bien drenados, arcilla fértil y suelos limosos con buenas características de retención de agua, señalando que la densidad óptima de la planta varía entre 70000 a 80000 plantas por ha.

Por su parte Hidalgo (2003), señala que la densidad de plantas recomendable depende de varios factores según las condiciones agroecológicas y el manejo, como la fertilidad del suelo, la fertilización, condiciones de crecimiento, entre otros, destacando que para lograr mayor densidad es necesario realizar un adecuado proceso agronómico, entre ellos una correcta aplicación del riego, indicando que bajo estas condiciones se recomiendan densidades desde las 50 mil plantas en temporal, laderas, suelos que no retienen bien el agua, hasta alrededor de 100 mil en las mejores condiciones. Los resultados obtenidos que con densidades superiores a las 66 000 plantas y adecuado manejo del riego se puede obtener rendimientos superiores a las 13 t. ha-1.

Por otra parte, los resultados alcanzados corroboran lo planteado Serna (2017) donde señala que las plantas exigen de una cantidad de agua determinada para desarrollarse, estas ayudan a la absorción de nutrientes y al desarrollo de sus funciones fisiológicas y de esta forma revirtiendo en estos procesos los resultados finales de la producción, lo cual se ha evidenciado en la investigación de la importancia del agua para la producción de maíz.

Estos resultados corroboran lo planteado por Bravo (2018) quien señala que el riego deficitario controlado en el cultivo de maíz como medida de adaptación al cambio climático es una alternativa viable, pero que se hace necesario el conocimiento de las etapas fenológicas más susceptibles al déficit hídrico, periodos críticos del cultivo, el nivel de coincidencia entre el crecimiento vegetativo y el fruto, características del suelo, el sistema de riego, el clima, el

material vegetal, la variedad, etc. Las cuales podrían dar mayores pautas para el mejoramiento y su posterior manejo como cultivo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados de la investigación se plantean las siguientes conclusiones

1. Los factores en estudio riego deficitario y densidad de siembra presentaron un efecto significativo en el comportamiento de las variables morfológicas y productivas del cultivo del maíz, Py 40 39.
2. Con la aplicación del 120 % de la lámina bruta equivalente a 376,31 mm y densidad de siembra de 66 666 plantas por ha se logró la mayor altura de plantas a los 60 dds con 255 cm.
3. La reducción de la lámina de riego en el cultivo del maíz en un 10 y 20 % tuvo un efecto negativo en el comportamiento de las variables morfofisiológicas del cultivo del maíz.
4. Tanto el riego deficitario como la densidad de siembra tuvieron efecto significativo en el comportamiento productivo del cultivo del maíz Py 4039. Cuando se disminuyó la lámina de riego al igual que la densidad de siembra los resultados fueron inferiores a los alcanzados de acuerdo a las láminas requeridas por el cultivo.
5. Con la aplicación del 120 % de la lámina de riego y densidad de siembra de 66 666 plantas por ha se puede obtener rendimiento medio del híbrido Py 4039 superior a las 13 t. ha⁻¹

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad de:

1. Continuar estudiando las etapas del desarrollo del cultivo en las cuales se puede aplicar el riego deficitario sin que se afecten las variables morfológicas y productivas.
2. Desarrollar experimentos con densidades de siembras superiores a las 66 666 plantas ha con el objetivo de determinar cuál es la densidad óptima en híbrido de maíz Py 4039.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Agüero, D. (11 de Diciembre de 2014). *Generalities of the organic manures: Bocashi's importance like nutritional alternative for soil and plants*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007
- Aguilar , C., Escalante, E., & Salvador , J. (21 de Marzo de 2015). *ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MAÍZ EN CLIMA CÁLIDO EN FUNCIÓN DEL GENOTIPO, BIOFERTILIZANTE Y NITRÓGENO*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57335800004.pdf>
- Baca, A. (11 de Julio de 2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador* . Obtenido 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&isAllowed=y>
- Bajana, J. (2014). “COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON TRES NIVELES DE NITRÓGENO”. ECUADOR: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6643/1/VALLEBaja%C3%B1aJUAN.pdf>
- Bermeo, C. (2019). Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* l.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. 2-12.
- Bermúdez, G. (18 de Noviembre de 2013). *Respuesta de la densidad estomática a características foliares e individuales en tres especies de árboles en Gamboa, Panamá*. Obtenido de <file:///C:/Users/Anita/Downloads/15022-Texto%20del%20art%C3%ADculo-27350-1-10-20140628.pdf>
- Bernal, M. (18 de Abril de 2019). *EXPECTATIVAS de la COSECHA de MAÍZ 2019*. Obtenido de <https://elproductor.com/wp-content/uploads/2019/04/revista%20abril%20maiz.pdf>
- Boada, R., & Espinosa, J. (2016). Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. *Tesis Facultad de Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigación y Posgrado*, ISSN: 1390-8928.

- Bravo, P. (2018). *EFFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE MAIZ (Zea MaysL.) HÍBRIDO DAS 3383 CON DIFERENTES SISTEMAS DE SIEMBRA*. ECUADOR. Recuperado el 14 de Junio de 2020
- Brito, O. G. (18 de Julio de 2018). *La Evaluación del control biológico de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz: Control biológico de Spodoptera frugiperda*. Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/343>
- Caicedo, M., Villavicencio, L., & Saltos, P. (21 de Marzo de 2017). *APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ AMARILLO DURO Y SELECCIÓN DE HÍBRIDOS SIMPLES*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5293/1/iniaptpR2017c4p36-52.pdf>
- Cantó , S. (2009). *ESTIMACIÓN DE CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA Y DETECCIÓN DE ESTRÉS HÍDRICO EN VEGETACIÓN MEDIANTE IMÁGENES TÉRMICAS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL OBTENIDAS CON UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO*. Cordova. Recuperado el 18 de Enero de 2020, de <http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal7.pdf>
- Codina, F. (18 de Noviembre de 2020). *Respuesta del maíz y sorgo al riego deficitario* . Obtenido de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/8243/TIFC2de2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Comercio, E. (* de Noviembre de 2018). *El Comercio*. Recuperado el 09 de 08 de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/produccion-maiz-agricultores-ministerio-guayas.html>
- Cortez, O. (22 de Julio de 2019). *Evaluación agronómica de híbridos de maíz (Zea mays l.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3689/1/T-UTEQ-0180.pdf>
- Cortez, B. W. (19 de Febrero de 2019). *Evaluación agronómica de híbridos de maíz (Zea mays l.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3689/1/T-UTEQ-0180.pdf>
- Demin, P. (14 de Noviembre de 2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego*. Obtenido de

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf

Díaz, W. (05 de Diciembre de 2009). *Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra*. Obtenido de <file:///C:/Users/Anita/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLasCaracteristicasMorfologicasYAgronom-3393591.pdf>

Dorronsoro, C. (19 de Enero de 2018). *Contaminación del suelo. Abonos orgánicos*. Obtenido de <http://edafologia.ugr.es/conta/tema00/progr.htm>.

El productor. (2019). EXPECTATIVAS de la COSECHA de MAÍZ 2019. *El Productor*, 7-8. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de <https://elproductor.com/wp-content/uploads/2019/04/revista%20abril%20maiz.pdf>

Elizondo, J., & Boschini, C. (20 de Agosto de 2001). *EFEECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FORRAJE DE MAÍZ*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712208.pdf>

ESPAC. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf

ESPAC. (Mayo de 2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf

FAO. (17 de Octubre de 1977). Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18472/1/YANDRY%20PAUL%20MARTINEZ%20SANCHEZ.pdf>

FAO. (2015). *EFEECTO DEL ESTRES HIDRICO EN LA FOTOSINTESIS*. Recuperado el 18 de Enero de 2020, de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro05/cap4.htm

- Flores Gallardo, H. (Noviembre de 2017). *IMPORTANCIA DEL AGUA DE RIEGO PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE*. Recuperado el 26 de Febrero de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/323510747_IMPORTANCIA_DEL_AGUA_DE_RIEGO_PARA_LA_PRODUCCION_SOSTENIBLE_DE_FRIJOL_EN_DURANGO
- Flores, H. (11 de Abril de 2013). *SIMULACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ (Zea mays L.) EN EL NORTE DE SINALOA USANDO EL MODELO AQUACROP*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v47n4/v47n4a4.pdf>
- García, F., & Díaz, A. (2017). RIEGO DEFICITARIO EN MAÍZ. *TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo*, 16.
- Garzón, A. (2018). Development of a proposal for the elaboration of a material for footwear packaging from the un agglomerated composite of leather retazes and lignin extracted from maize leaves. 5-10.
- Gaspar, L., & Tejerina, W. (25 de Octubre de 2018). *Fertilización del cultivo de maíz*. Obtenido de [http://www.agroestrategias.com/pdf/Cultivos%20-%20Fertilizacion%](http://www.agroestrategias.com/pdf/Cultivos%20-%20Fertilizacion%20)
- Gómez, C. (20 de Noviembre de 2019). *Evaluación del rendimiento de tres híbridos de maíz en un suelo Vertisol, bajo tres niveles de fertilización nitrogenada*. Obtenido de https://cidecuador.org/wp-content/uploads/congresos/2019/agropecuaria/diapo/evaluacion-del-rendimiento-de-tres-hibridos-de-maiz-en-un-suelo-vertisol_kentaro-tomita.pdf
- González, B. (7 de Septiembre de 2015). *Eficiencia agronómica de fertilización al suelo de macro nutrientes en híbridos de maíz*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263142146011.pdf>
- Gordón , R., Franco, J., Núñez, J., & Sáez, A. (05 de Mayo de 2020). *An assessment of hybrid maize's adaptability to the agro-climatic conditions of the*. Obtenido de <Downloads/1055-Texto%20del%20artículo-1726-1-10-20191218.pdf>
- Gordón, R. (19 de Mayo de 2020). *Evaluación de la adaptabilidad de híbridos de maíz a las condiciones agroclimáticas de la región de Azuero, Panamá, 2017*. Obtenido de <file:///C:/Users/Anita/Downloads/1055-Texto%20del%20art%3ADculo-1726-1-10-20191218.pdf>

- Guamán, R. N. (21 de Mayo de 2020). *Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) utilizando cuatro híbridos*. Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2196/2556>
- Gurovich, L. (11 de Febrero de 2017). *Sondas de conductancia estomática en tiempo real*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/cl/sondas-conductancia-estomatica-tiempo-real/>
- Holguín, M. (18 de Abril de 2019). *Manejo de fertilizantes químicos y abonos orgánicos con dos distancias de siembra en el cultivo (Zea mays L.)*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39150/1/Holgu%C3%ADn%20Ben%C3%ADtez%20Dalton%20David.pdf>
- Holguín, D. (20 de Abril de 2019). *MANEJO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ABONOS ORGÁNICOS CON DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.)*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39150/1/Holgu%C3%ADn%20Ben%C3%ADtez%20Dalton%20David.pdf>
- Holguín, A. (05 de Abril de 2019). *MANEJO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ABONOS ORGÁNICOS CON DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.)*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39150/1/Holgu%C3%ADn%20Ben%C3%ADtez%20Dalton%20David.pdf>
- INTA. (04 de Enero de 2014). *Spodoptera frugiperda*. Obtenido de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>
- Intagri. (17 de Noviembre de 2018). *El Índice del Área Foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz* . Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>
- Jiménez, R. (05 de Diciembre de 2009). *Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra*. Obtenido de <file:///C:/Users/Anita/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLasCaracteristicasMorfologicasYAgronom-3393591.pdf>

- Juarez, M. (17 de Agosto de 2015). *Impacto en el rendimiento de la “oruga cogollera” (Spodoptera frugiperda) (Lepidoptera: Noctuidae) en materiales de maíz convencional y transgénico*. Obtenido de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>
- Leiva, P. (17 de Agosto de 2014). *Spodoptera frugiperda*. Obtenido de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>
- León, J. E. (18 de Julio de 2018). *La Evaluación del control biológico de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz: Control biológico de Spodoptera frugiperda* . Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/343>
- Loayza, L. (18 de Agosto de 2020). *COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO Y AGRONÓMICO DE DIFERENTES CULTIVARES DE MAÍZ (ZEA MAYS) EN LA GRANJA SANTA INÉS*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16139/1/TTUACA-2020-IA-DE00022.pdf>
- López, P. (2016). Variabilidad fenotípica y molecular de poblaciones paraguayas de maíz. 2-18.
- Maldonado, C. X. (18 de Septiembre de 2015). *“Evaluación de Arreglos Espaciales y Densidades Poblacionales en Híbridos de Maíz Comercial en Zonas de Bosque Tropical Seco durante la Época Lluviosa*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89284/D-88081.pdf>
- Mendoza, C., & Sifuentes, E. (31 de Agosto de 2020). *Respuesta del maíz regado por gravedad al riego deficitario controlado*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40262016000100029&script=sci_arttext&tlng=es
- Mich, L. (22 de Enero de 2021). *Siembra de maíz: alternativas ventajosas de distanciamiento más allá de lo tradicional*. Obtenido de <https://elabcrural.com/siembra-de-maiz-alternativas-ventajosas-de-distanciamiento-mas-alla-de-lo-tradicional/>
- Nolasco, D. (11 de Noviembre de 2011). *DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA UNIDAD ZACATENCO*.

- Ojeda, W. (31 de Agosto de 2020). *Respuesta del maíz regado por gravedad al riego deficitario controlado*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40262016000100029&script=sci_arttext&tlng=es
- Oñate, A. G. (16 de Septiembre de 2015). “*Evaluación de Arreglos Espaciales y Densidades Poblacionales en Híbridos de Maíz Comercial en Zonas de Bosque Tropical Seco durante la Época LLuviosa*”. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89284/D-88081.pdf>
- Paliwal, L., Proaño, J., & Gómez, C. (16 de Diciembre de 2019). *Evaluación del rendimiento de tres híbridos de maíz en un suelo Vertisol, bajo tres niveles de fertilización nitrogenada. Guayaquil, Guayas, Ecuador*. Obtenido de https://cidecuador.org/wp-content/uploads/congresos/2019/agropecuaria/diapo/evaluacion-del-rendimiento-de-tres-hibridos-de-maiz-en-un-suelo-vertisol_kentaro-tomita.pdf
- Pérez, C. M. (31 de Agosto de 2020). *Response of surface-irrigated corn to regulated deficit irrigation*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40262016000100029&lang=es
- Pionner. (22 de Enero de 2018). *EVALUACIÓN DE DOS HÍBRIDOS Y UNA VARIEDAD DE MAÍZ*. Obtenido de <Downloads/Dialnet-EvaluacionDeDosHibridosYUnaVariedadDeMaizZeaMaysEn-6117632.pdf>
- Proaño, J. (20 de Noviembre de 2019). *Evaluación del rendimiento de tres híbridos de maíz en un suelo Vertisol, bajo tres niveles de fertilización nitrogenada*. Obtenido de https://cidecuador.org/wp-content/uploads/congresos/2019/agropecuaria/diapo/evaluacion-del-rendimiento-de-tres-hibridos-de-maiz-en-un-suelo-vertisol_kentaro-tomita.pdf
- Ramírez, A. (11 de Noviembre de 2011). *DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA UNIDAD ZACATENCO*.
- Ramírez, T. (2 de Junio de 2007). *Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57325208.pdf>

- Righini, R. (17 de Septiembre de 2005). *Analisis de la correlación entre la radiación fotosinteticamente activa y la radiación solar global* . Obtenido de <https://www.biopasos.com/biblioteca/Evaluacion-morfologica-fisiologica-maiz-tesis.pdf>
- Rincón, Á. (2 de Julio de 2010). *Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945029003.pdf>
- Roca, N. (2019). “Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza del cantón Quevedo. ECUADOR: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3631/1/T-UTEQ-0167.pdf>.”
- Roca, C. O. (12 de Marzo de 2019). *Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza del cantón Quevedo*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3631/1/T-UTEQ-0167.pdf>
- Roca, O., & Mendoza , A. (11 de Septiembre de 2019). “*Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza del cantón Quevedo*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3631/1/T-UTEQ-0167.pdf>”
- Rodríguez, G., Díaz, G., & Pacheco, R. (22 de Enero de 2020). *Riego deficitario controlado su efecto sobre la nutrición, productividad y calidad de fruta en maracuyá*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43762994009/43762994009.pdf>
- Ruiz, S. (14 de Noviembre de 2019). *Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco* . Obtenido de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/126.pdf>
- Salinas, R. (18 de Septiembre de 2018). *DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMATIZADO CON ARDUINO PARA RIEGO EN EL CULTIVO DE FRESAS*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40625/1/TESIS%20SALINAS%20ARCO%20RICARDO%20MIGUEL.pdf>
- Sánchez, R. (15 de Julio de 1999). *RESPUESTA DE PLANTAS DE MAÍZ Y FRIJOL AL ENRIQUECIMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO*. Obtenido de

file:///C:/Users/Downloads/RESPUESTA%20DE%20PLANTAS%20DE%20MA%20C3%8DZ%20Y%20FRIJOL%20AL%20ENRIQUECIMIENTO.pdf

Sánchez, M. (Diciembre de 2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*. Recuperado el 13 de Enero de 2020, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000200005

Sánchez, M. (21 de Diciembre de 2018). *Evaluación morfológica y fisiológica de maíz*. Obtenido de <https://www.biopasos.com/biblioteca/Evaluacion-morfologica-fisiologica-maiz-tesis.pdf>

Serna, R. R. (11 de Noviembre de 2017). *IMPORTANCIA DEL AGUA DE RIEGO PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323510747_IMPORTANCIA_DEL_AGUA_DE_RIEGO_PARA_LA_PRODUCCION_SOSTENIBLE_DE_FRIJOL_EN_DURANGO

SIPA. (11 de Octubre de 2018). *Produccion historica de maiz duro seco*. Obtenido de <https://fliphtml5.com/ijia/rekj/basic>

Terreno, S. T. (09 de Junio de 2011). *Densidad de siembra en el cultivo de maíz*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n2/v65n2a02.pdf>

Torres, J. D. (06 de Agosto de 2012). *Variability in Growth and Yield of Maize (Zea mays L.) in Response to Differences in Soil Chemical Properties in the Bogotá Plateau, Colombia*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n2/v65n2a02.pdf>

Tovar, H. C. (16 de Mayo de 2015). *CONTROL DEL PULGÓN VERDE DEL MAÍZ*. Obtenido de <http://www.inifapcirne.gob.mx/Eventos/2015/Pulgon%20en%20maiz%20F.pdf>

Valero, J. A. (13 de Septiembre de 1999). *Efecto del déficit de suministro de agua en el rendimiento y en la calidad de un cultivo de maíz dulce*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=153243>

Vera, T. X. (21 de Mayo de 2020). *Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) utilizando cuatro híbridos*. Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2196/2556>

- Waldo, J., Lagos, L., & Souto, C. (12 de Julio de 2017). *REGULATED DEFICIT IRRIGATION EVALUATION ON KIWI (Actinidia deliciosa) PRODUCTION*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/302/30251182001.pdf>
- Yepez, E. (17 de Julio de 2019). *CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA Y EVALUACIÓN FENOLÓGICA DE SESENTA Y CINCO ENTRADAS DE MAÍZ (Zea mays L.)* . Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/971/253T20110024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zarate, J. (2018). Development of a proposal for the elaboration of a material for footwear packaging from the un agglomerated composite of leather retazes and lignin extracted from maize leaves. 5-10.

ANEXOS

Anexo 1: Programación del riego para el cultivo del maíz.

PROGRAM. DE RIEGO DEL CULT.

ETo estación: La teodomira Cultivo: Maíz Siembra: 05/08
 Est. de lluvia: Teodomira Suelo: arcillo arenoso Cosecha: 13/10

Red. Rend.: 0.0 %

Crop scheduling options

Momento: Regar a 100 % agotamiento
 Aplicación: Reponer a 100 % de capacidad de campo
 Ef. campo 90 %

Formato de Tabla: Program. de riego

Fecha	Día	Etapa	Precipi mm	Ks fracc.	ETA %	Agot. %	Lám.Net mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
6 Ago	2	Ini	0.0	1.00	100	34	10.0	0.0	0.0	11.1	0.64
9 Ago	5	Ini	0.0	1.00	100	34	10.7	0.0	0.0	11.9	0.46
12 Ago	8	Ini	0.0	1.00	100	33	11.0	0.0	0.0	12.2	0.47
15 Ago	11	Ini	0.0	1.00	100	31	11.1	0.0	0.0	12.4	0.48
19 Ago	15	Ini	0.0	1.00	100	38	14.7	0.0	0.0	16.4	0.47
23 Ago	19	Ini	0.2	1.00	100	38	15.5	0.0	0.0	17.2	0.50
27 Ago	23	Des	0.2	1.00	100	36	15.8	0.0	0.0	17.5	0.51
31 Ago	27	Des	0.0	1.00	100	34	16.0	0.0	0.0	17.7	0.51
4 Sep	31	Des	0.0	1.00	100	38	18.8	0.0	0.0	20.9	0.60
8 Sep	35	Des	0.0	1.00	100	36	18.8	0.0	0.0	20.9	0.60
12 Sep	39	Des	0.0	1.00	100	37	20.4	0.0	0.0	22.6	0.65
16 Sep	43	Med	0.0	1.00	100	38	21.4	0.0	0.0	23.8	0.69
20 Sep	47	Med	0.0	1.00	100	38	21.4	0.0	0.0	23.8	0.69
24 Sep	51	Med	0.0	1.00	100	38	21.1	0.0	0.0	23.4	0.68
28 Sep	55	Med	0.0	1.00	100	38	21.1	0.0	0.0	23.4	0.68
2 Oct	59	Med	0.0	1.00	100	37	20.6	0.0	0.0	22.9	0.66
6 Oct	63	Fin	0.0	1.00	100	35	19.8	0.0	0.0	22.0	0.64
10 Oct	67	Fin	0.0	1.00	100	35	19.8	0.0	0.0	22.0	0.64
13 Oct	Fin	Fin	0.0	1.00	0	15					

Totales:

Lámina bruta total	342.0 mm	Precipitación total	3.8 mm
Lámina neta total	307.8 mm	Precipitación Efectiva	2.7 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	Pérdida tot.prec.	1.1 mm
Uso real de agua del cultivo	313.1 mm	Def. de hum. en cosecha	8.1 mm
Uso pot. de agua del cultivo	313.1 mm	Requer. reales de riego	310.4 mm
Efic. de programación de riego	100.0 %	Efic. de precipitación	70.9 %
Deficiencia de programación de	0.0 %		

Reducción de rendimiento:

Stagelabel	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %

Anexo 2: Sistema de riego antes de la siembra.



Anexo 3: Realización de la primera fertilización en el cultivo de maíz.



Anexo 4: Primer deshierbe



Anexo 5: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 120%



Anexo 6: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 100%



Anexo 7: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 90%



Anexo 8: Cultivo de maíz híbrido Py 4039 dosis de riego 80%

