



Es

**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

Proyecto de Investigación  
previo a la obtención del título  
de Ingeniero Agrónomo

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

Estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz (*Zea mays L.*), sembrados en la época seca en la zona de Quevedo.

**Autor:**

Winther Félix Zamora Mera

**Director del Proyecto de Investigación:**

Dr. Daniel Vera Avilés

**Quevedo - Los Ríos – Ecuador**

2018- 2019

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Winther Felix Zamora Mera**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

---

Winther Felix Zamora Mera

**Autor**

# CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Dr. Daniel Vera Avilés**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Winther Felix Zamora Mera**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz (*Zea mays L.*), sembrados en la época seca en la zona de Quevedo**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

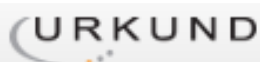
Atentamente;

---

Dr. Daniel Vera Avilés

**Director del Proyecto de Investigación**

# REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



<b>Documento</b>	<a href="#">Proy. Inv. Winter Zamora 17.01.19.docx</a> (D46911029)
<b>Presentado</b>	2019-01-17 08:25 (-05:00)
<b>Presentado por</b>	rgaibor@uteq.edu.ec
<b>Recibido</b>	rgaibor.uteq@analysis.orkund.com

5% de estas 23 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.



## Urkund Analysis Result

Analysed Document:           Proy. Inv. Winter Zamora 17.01.19.docx (D46911029)  
Submitted:                    1/17/2019 2:25:00 PM  
Submitted By:                 rgaibor@uteq.edu.ec  
Significance:                 5 %

### Sources included in the report:

VELÁSQUEZ ALVARES JUAN FRANCISCO.doc (D29401718)  
HENRY HERNAN CHUNGATA AGUILAR AGRO.pdf (D12737684)

### Instances where selected sources appear:

22

---

Dr. Daniel Vera Avilés  
Director del Proyecto de Investigación



**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

“Estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz (*Zea mays L.*), sembrados en la época seca en la zona de Quevedo”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

**Aprobado por:**

---

Ing. Freddy Amores Puyutaxi M.S.C.

**Presidente del Tribunal**

---

Ing. Agr. Freddy Sabando Ávila M.S.C.

**Miembro de Tribunal**

---

Ing. Agr. Luis Llerena Ramos M.S.C.

**Miembro de Tribunal**

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2018 - 2019

## **AGRADECIMIENTO**

En la culminación de mi presente trabajo de investigación agradezco primeramente a Dios por la vida y por cada día que me otorga para compartir con las personas que más amo y por las bendiciones otorgadas todos estos años. Agradezco a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por haberme acogido en sus aulas; a sus docentes, quienes han demostrado a lo largo de estos años de estudio su profesionalismo y calidad humana, compartiendo sus conocimientos y aptitudes con el estudiantado, generando en nosotros ganas de superarnos día a día, y también a mis compañeros con los que compartimos muchas vivencias y recuerdos que no se borrarán de mi mente ni de mi corazón.

En especial, un eterno agradecimiento a mis padres Félix Zamora y Glenda Mera quienes me supieron apoyar durante todo el transcurso de mi carrera tanto económica como moral y formalmente, a mi esposa Ivanna Campi y suegra Ana Liubá por creer en mí, además como apoyo y amigo formando una hermandad durante todo el proceso académico agradezco a Carlos Iván Zamora, también al Econ. Flavio Ramos, quien me ayudó con mejora del tema de investigación y me guió en el transcurso de la misma. Agradezco asimismo al Ing. Agri. Msc. Leonardo Matute Matute, Decano, y al Dr. Daniel Vera, director del proyecto de investigación y al Ing. Freddy Amores por las facilidades y apollo brindado para realizar este trabajo, finalmente por su amistad invaluable y guía al Ing. Norberto Mite.

**Winther Zamora Mera**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios por guiarme y brindarme salud ya que fue quien me puso en el camino correcto evitando miles de interferencias y dándome sabiduría para saberlas corregir.

También dedico este trabajo a mis amados padres Felix Zamora, Glenda mera, hermano Jandry Zamora, por todo el esfuerzo que han dedicado a mi formación profesional. A mi amada esposa Ivanna Campi por su apoyo, cariño y amor incondicional.

Y como no dedicarle con todo el cariño y afecto a mi hermana Leidy Tarira quien fue un ejemplo y una guía desde mi niñez por quién me siento orgulloso de tenerla junto a mí.

En especial a mi adorado hijo Liang Zamora Campi que es la inspiración y por quién día a día me da una razón más para superarme.

A mis familiares y amigos quienes de alguna u otra forma estuvieron formando parte de mi vida en el proceso académico.

**Winther Zamora Mera**

## RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la Finca experimental La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta productiva de dos híbridos de maíz en la época seca, frente a cuatro densidades de plantas producto de distintos distanciamientos de siembra, usando solamente la reserva de agua almacenada en el suelo al final del periodo lluvioso. La fase de campo se completó en el periodo Junio – Octubre/2019. Se sembraron los híbridos Somma y Tropi 101, cada uno con densidades de 83333, 55555, 62500 y 41666 pl/ha. Se formaron un total de ocho tratamientos mediante la combinación de los factores híbridos y densidades, distribuidos en el campo siguiendo un diseño de Bloque completos al Azar con arreglo factorial. El efecto de híbridos y densidad y su interacción sobre el desempeño del maíz se evaluó mediante las variables: altura de planta a los 35 días de la siembra, números de días a floración masculina, número de días a floración femenina, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento. Los resultados mostraron que el número de días a la floración masculina y femenina fueron similar para ambos híbridos. Tropi 101 rindió más que Somma mostrando diferencia en rendimiento, el mismo que obtuvo el mejor desempeño de 0,17 Kg más por parcela útil y en rendimiento de Kg/ha con 3925,83 a más de una diferencia al híbrido Somma de 81,72 Kg/ha. Al parecer ambos utilizaron la humedad remanente del suelo con más eficiencia sembrados a la densidad más alta porque con esta densidad alcanzaron los mayores rendimientos. El híbrido Somma sembrado a la densidad más alta alcanzó una relación B/C igual a 1,16 confirmando su mejor desempeño económico.

**Palabras claves:** humedad; remanente; densidad; poblacional; rendimiento.

## SUMMARY

The study took place at the Finca Experimental La María of Universidad Técnica Estatal Quevedo. The objective was to assess the response of two corn hybrids grown in the dry season to four planting densities derived from different planting spacings. Corn benefited only from moisture left stored in the soil after the raining season was over; no irrigation was provided. Field work covered the period June-October. Hybrids Somma and Tropi 101 were planted at 83333, 55555, 62500 y 41666 pl/ha. The combination of the two hybrids and four densities produced eight treatments. These were field-distributed according to a Random Complete Block Design in a factorial arrangement. Following variables were measured to carry out the assessment; plant height, number of days to flowering both male and female, cob length, cob diameter, number of kernel rows, 1000 kernel-weight and corn yield. The results showed that the number of days at male and female flowering were similar for both hybrids. Tropi 101 yielded more than Somma showing a difference in yield, the same one that obtained the best performance of 0.17 Kg more per useful plot and in yield of Kg / ha with 3925.83 to more than one difference to the Somma hybrid of 81.72 Kg / ha. Apparently both used the remaining moisture of the soil with more efficiency planted at the highest density because with this density they reached the highest yields. The Hybrid Somma combined with the highest planting density showed the best return for every dollar invested reflected in a B/C of 1.16.

**Keywords:** humidity; remainder; density; population performance.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
REPORTE DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	viii
SUMMARY .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
CÓDIGO DUBLÍN .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1. Problema de la investigación .....	4
1.1.1. Planteamiento del problema .....	4
1.1.2. Formulación del problema .....	4
1.2. Objetivos .....	5
1.2.1. Objetivo General .....	5
1.2.2. Objetivos específicos .....	5
1.3. Justificación .....	6
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
2.1. Marco conceptual .....	8

2.1.1.	Generalidades del cultivo de maíz .....	8
2.1.2.	Fenología del maíz.....	9
2.1.3.	Manejo agronómico del cultivo .....	10
2.1.4.	Métodos de Siembra .....	11
2.1.5.	Fertilización .....	11
2.1.6.	Control de Maleza.....	12
2.1.7.	Control de insectos .....	12
2.1.8.	Principales enfermedades en el maíz .....	13
2.1.9.	Cosecha.....	13
2.1.10.	Almacenamiento .....	14
2.1.11.	Producción .....	14
2.1.12.	Ambientes de cultivo de maíz.....	15
2.1.13.	Necesidades hídricas de cultivo.....	15
2.1.14.	Viento y evapotranspiración .....	16
2.1.15.	Humedad.....	16
2.1.16.	Temperatura.....	16
2.1.17.	Porosidad de suelos.....	17
2.1.18.	Suelo .....	17
2.1.19.	El agua en el suelo .....	18
2.1.20.	Balace Hídrico .....	18
2.2.4.	Híbrido SOMMA.....	20
2.2.5.	Híbrido Tropi 101 .....	21

### CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Ubicación del sitio experimental .....	24
3.2.	Clima suelo en el área del sitio experimental .....	24
3.4.	Material de siembra. ....	24
3.5.	Factores en estudio .....	25
3.6.	Tratamientos .....	25
3.7.	Diseño experimental .....	26

3.8.	Manejo del experimento .....	27
3.8.1.	Preparación del suelo .....	27
3.8.2.	Siembra y raleo .....	27
3.8.3.	Control de malezas .....	28
3.8.4.	Fertilización .....	28
3.8.5.	Control de plagas y enfermedades .....	28
3.8.6.	Cosecha.....	28
3.9.	Variables de evaluación.....	29
3.9.1.	Altura de planta (cm).....	29
3.9.2.	Días a la floración masculina.....	29
3.9.3.	Días a la floración femenina .....	29
3.9.4.	Longitud de mazorca en (cm) .....	29
3.9.5.	Diámetro de mazorca en (cm).....	29
3.9.6.	Número de hileras por mazorca .....	29
3.9.7.	Peso de 1000 semillas (g) .....	30
3.9.8.	Rendimiento por parcela útil (Kg) .....	30
3.9.9.	Humedad del suelo .....	30
3.9.10.	Análisis económico.....	31
 <b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1.	Resultados.....	34
4.2.	Discusión .....	41
 <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
5.1.	Conclusiones.....	44
5.2.	Recomendaciones .....	45
 <b>CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA</b>		
6.1.	Bibliografía.....	47
 <b>CAPÍTULO VII. ANEXOS</b>		
7.1.	Anexos .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> División de los estadios mediante las diferentes etapas fenológicas de cultivo de maíz.....	9
<b>Tabla 2:</b> Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.....	11
<b>Tabla 3:</b> Características morfológicas y fenológicas de los híbridos en estudio.....	25
<b>Tabla 4:</b> Esquema del análisis de varianza utilizada en la investigación .....	26
<b>Tabla 5:</b> Características de las parcelas .....	27
<b>Tabla 6:</b> Promedio de altura de plantas en (m) a los 35 días después de la siembra.....	34
<b>Tabla 7:</b> Promedio de días a la floración masculina en función de Híbridos y Densidades.....	34
<b>Tabla 8:</b> Promedio de días a la floración femenina en función de Híbridos y Densidades.....	34
<b>Tabla 9:</b> Promedio de longitud de mazorca (cm) en función de Híbridos y Densidades.....	35
<b>Tabla 10:</b> Promedio de diámetro de mazorcas (cm) en función de Híbridos y Densidades.....	36
<b>Tabla 11:</b> Promedio de hilera por mazorcas en función de Híbridos y Densidades.....	37
<b>Tabla 12:</b> Promedio en peso de 1000 granos (g) en función de Híbridos y Densidades.....	38
<b>Tabla 13:</b> Promedio de rendimiento por parcela útil (Kg) en función de Híbridos y densidades.....	39
<b>Tabla 14:</b> Análisis económico de la producción de maíz por hectárea en función de los híbridos de maíz Somma y Tropi 1 y cuatro densidades de plantas/ hectárea.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Figura 1:</b> Interacción entre híbridos x densidades para la longitud de mazorca (cm). .....	35
<b>Figura 2:</b> Interacción entre híbridos x densidades para el diámetro de mazorca (cm). .....	36
<b>Figura 3:</b> Interacción entre híbridos x densidades de siembra para el número de hileras por mazorca. ....	37
<b>Figura 4:</b> Interacción híbrido x densidad para el peso de 1000 granos (g). ....	38
<b>Figura 5:</b> Fases fenológicas del cultivo de maíz mediante la curva del Kc del cultivo. ....	51
<b>Figura 6:</b> Variación de la humedad de suelo en porcentaje (%), tomados en frecuencias de 10 días durante el ciclo del cultivo. ....	52
<b>Anexo 1:</b> Diseño experimental BCA con arreglo factorial .....	53
<b>Anexo 2:</b> Análisis de varianza de altura a los 35 días en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	55
<b>Anexo 3:</b> Análisis de varianza en días a la floración masculina en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	55
<b>Anexo 4:</b> Análisis de varianza en días a la floración femenina en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	55
<b>Anexo 5:</b> Análisis de varianza de longitud mazorcas a la cosecha en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	56
<b>Anexo 6:</b> Análisis de varianza de diámetro de mazorca en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	56
<b>Anexo 7:</b> Análisis de varianza del número de hileras por mazorca en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	56

<b>Anexo 8:</b> Análisis de varianza en peso de 1000 granos, en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	57
<b>Anexo 9:</b> Análisis de varianza del rendimiento por parcela útil en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca. ....	57
<b>Anexo 10:</b> Registro de las diferentes etapas fenológicas con referencia al Kc del cultivo de maíz. ....	57
<b>Anexo 11:</b> Registros de humedad en porcentaje (%) del suelo durante el ciclo del cultivo con frecuencias de cada 10 días, en base a las densidades estudiadas. ....	58
<b>Anexo 12:</b> Preparación de terreno .....	58
<b>Anexo 13:</b> Delimitación de terreno y parcelas de ensayo en campo.....	58
<b>Anexo 14:</b> Siembra de parcela experimental .....	59
<b>Anexo 15:</b> Fertilización a los 15 días después de la siembra .....	59
<b>Anexo 16:</b> Altura de planta a los 35 días .....	59
<b>Anexo 17:</b> Control de cogollero .....	60
<b>Anexo 18:</b> Toma de datos a la floración masculina .....	60
<b>Anexo 19:</b> Floración femenina.....	60
<b>Anexo 20:</b> Maíz en su etapa de maduración pastosa.....	61
<b>Anexo 21:</b> Peso de muestra en suelos .....	61
<b>Anexo 22:</b> Medición de longitud de mazorca .....	61
<b>Anexo 23:</b> Diámetro de mazorca .....	62
<b>Anexo 24:</b> Realización de calicata. ....	62
<b>Anexo 25:</b> Medición del perfil de suelo. ....	62

## CÓDIGO DUBLÍN

<b>Título:</b>	Estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz ( <i>Zea mays L.</i> ), sembrados en la época seca en la zona de Quevedo.				
<b>Autor:</b>	Zamora Mera Winther Felix				
<b>Palabras clave:</b>	Humedad	Remanente	Densidad	Poblacional	Rendimiento
<b>Resumen:</b>	<p>El estudio se llevó a cabo en la Finca experimental La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta productiva de dos híbridos de maíz en la época seca, frente a cuatro densidades de plantas producto de distintos distanciamientos de siembra, usando solamente la reserva de agua almacenada en el suelo al final del periodo lluvioso. La fase de campo se completó en el periodo Junio – Octubre/2019. Se sembraron los híbridos Somma y Tropi 101, cada uno con densidades de 83333, 55555, 62500 y 41666 pl/ha. Se formaron un total de ocho tratamientos mediante la combinación de los factores híbridos y densidades, distribuidos en el campo siguiendo un diseño de Bloque completos al Azar con arreglo factorial. El efecto de híbridos y densidad y su interacción sobre el desempeño del maíz se evaluó mediante las variables: altura de planta a los 35 días de la siembra, números de días a floración masculina, número de días a floración femenina, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento. Los resultados mostraron que el número de días a la floración masculina y femenina fueron similar para ambos híbridos. Tropi 101 rindió más que Somma mostrando diferencia en rendimiento, el mismo que obtuvo el mejor desempeño de 0,17 Kg más por parcela útil y en rendimiento de Kg/ha con 3925,83 a más de una diferencia al híbrido Somma de 81,72 Kg/ha. Al parecer ambos utilizaron la humedad remanente del suelo con más eficiencia sembrados a la densidad más alta porque con esta densidad alcanzaron los mayores rendimientos. El híbrido Somma sembrado a la densidad más alta alcanzó una relación B/C igual a 1,16 confirmando su mejor desempeño económico.</p>				
<b>Descripción:</b>	77 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
<b>URL</b>					

## INTRODUCCIÓN

El maíz se ha convertido en uno de los cereales más consumidos en el mundo. (Grande & Orozco, 2012) Es utilizado para la alimentación humana y animal y como materia prima en la producción de almidón industrial y alimenticio, en la elaboración de edulcorantes, dextrinas, aceite y otros productos derivados de su proceso de fermentación, como son el etanol, el alcohol industrial, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), diversos aminoácidos, antibióticos y plásticos, y como sustituto del petróleo y sus derivados que son recursos no renovables.

En el litoral ecuatoriano especialmente en zonas cálidas, existen zonas con condiciones climáticas y suelos apropiados para el cultivo de maíz. (Cedeño, 2010) Sin embargo, el promedio de productividad en variedades es de 3.2 ton ha<sup>-1</sup>; mientras que con híbridos es de 6.5 ton ha<sup>-1</sup>, resultando bajo en comparación a otros países que superan las 8 ton ha<sup>-1</sup>.

La adopción de nuevas tecnologías, como el caso del uso de semillas híbridas constituye un factor fundamental para incrementar los rendimientos en los cultivos tradicionales, el maíz no es la excepción. Sin embargo, el uso de híbridos de alto rendimiento no es el único factor que tiene impacto en la producción, ya que existen otros factores muy importantes como la distribución de las plantas en el campo en función de la densidad de siembra y/o el espaciamiento entre hileras. (Espinosa, Sierra, & Gómez, 2003). Para la siembra de maíz sin riego en la época seca, la cantidad de humedad remanente del suelo y su decrecimiento con el avance del ciclo de cultivo, es un factor adicional que controla el desempeño productivo del maíz.

En la actualidad los rendimientos de maíz crecen de una manera muy elevada cada vez por la cantidad de población, mejoras en los híbridos (materiales genéticos), los que llevan un sinnúmero de características que ayudan a las diferentes épocas de cultivar estos granos, han llegado a producciones desde 4200 Kg/ha en hasta 5500 Kg/ha de maíz duro en época seca con bajos índices de humedad de hasta 12% pero con humedad comercial que beneficie al agricultor se cosecha con humedades de 22 %.

La humedad remanente, es el agua que permanece almacenada en los microporos del suelo al final del periodo lluvioso; el volumen almacenado depende de la textura y

profundidad del suelo. El área de Quevedo es el centro de la principal zona productora de maíz en el país. Una parte de esa producción ocurre en la época seca aprovechando la humedad almacenada en suelos franco-limosos predominantes en los terrenos maiceros de la zona. La textura franco-limosa es la que retiene el mayor volumen de agua disponible, alrededor de 15 mm por cada 10 cm de profundidad en comparación con otras texturas.

Con este antecedente y con el objetivo de buscar formas de aprovechar al máximo el agua remanente en el suelo, mediante prácticas que aumenten su uso por la planta y disminuya su evaporación directa del suelo, se condujo el presente estudio.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de la investigación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La productividad del maíz sembrado al inicio de la época seca es controlada por decrecientes contenidos de humedad del suelo, distanciamientos de siembra y el tipo de semilla híbrida. Sin embargo, se manejan cifras cuestionables respecto a la magnitud de reducción del rendimiento por insuficiencia hídrica con las implicaciones que el rendimiento decreciente ejerce sobre la rentabilidad. Sin respuestas para esta interrogante difícilmente se pueden identificar medidas para alcanzar un mejor desempeño productivo y económico de la producción de maíz sin riego en la época seca. Se requiere estudiar el efecto de los factores antes señalados para contribuir con respuestas, al menos parcialmente, a las interrogantes planteadas.

La mala elección de híbridos por Agricultores para la siembra de la época seca, variación de humedad y tipos de suelos son factores que juegan un papel fundamental en el desarrollo del cultivo, dando como resultados bajos en producción y deudas no planificadas durante el período y quitando en sí las ganas de trabajar a los productores que buscan mejorar su nivel de vida tanto de una manera económica como social.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cómo se afecta la productividad y rentabilidad de producción de maíz en un entorno de decreciente humedad del suelo y densidad variable en función de distintos distanciamientos de siembra?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

Una vez planteada la problemática se plantean las siguientes inquietudes:

¿Cómo realizar una mejora a la producción de maíz en la época seca usando la humedad remanente?

¿Cómo podría llegar a obtener producciones elevadas de acuerdo con la fecha de siembra para la época seca?

¿Se puede obtener mejores rentabilidades en el cultivo sin afectar las inversiones (Costo de Producción)?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto de la disponibilidad de la humedad remanente del suelo y densidad poblacional en función de distintos distanciamientos de siembra sobre el rendimiento de híbridos de maíz sembrados en la época seca.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar fenológicamente el desarrollo y crecimiento de híbridos de maíz en relación a la humedad disponible del suelo.
- Determinar la densidad poblacional en base de la humedad remanente que genere mejor comportamiento agronómico y rendimiento en grano.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos estudiados en función del rendimiento.

### **1.3. Justificación**

Los resultados del estudio contribuirán a mejorar la comprensión de la respuesta productiva y económica del cultivo de maíz en ausencia de riego. Se responderán inquietudes a cerca del recorte de rentabilidad como consecuencia del menor rendimiento de maíz frente al decrecimiento gradual de la humedad almacenada en el suelo al final de la época lluviosa.

Luego del estudio de la problemática existente se busca justificar con la selección del híbrido que presente mejor adaptabilidad a la época seca y producción probando varias densidades, las que ayudarán a la conservación de humedad remanente necesaria para la planta, asumiendo que a menor densidad se forma una mejor cobertura evitando que los rayos solares ingresen directamente al suelo y generen incremento en la evapotranspiración causando estrés hídrico a la planta, lo que beneficiará al Agricultor para que tenga una visión más clara sobre las inversiones que él realiza al finalizar con un ciclo y comenzar uno nuevo a lo que llama siembra veranera.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual**

### **2.1.1. Generalidades del cultivo de maíz**

En la actualidad el maíz (*Zea mays L.*), es una de las gramíneas de mayor importancia a nivel mundial; es así que se siembra anualmente una extensión de 40 millones de hectáreas, y se alcanza una producción de más de 600 millones de toneladas de grano. Entre el 50 y 80% de la producción de maíz se utiliza en la alimentación de aves y cerdos; en nuestro país, el maíz se sembraba como cultivo de subsistencia y luego su explotación tomó enorme importancia económica, convirtiéndose, junto al arroz y soya en uno de los cultivos de ciclo corto mayormente sembrado (Fernández, 2011).

El maíz es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, tanto por su elevada incidencia social, ya que casi las tres cuartas partes de la producción total proviene de unidades familiares campesinas; la mayoría de ellas con economía de subsistencia, como también por constituir la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal, muy en particular, a la avicultura comercial, que es una de las actividades más dinámicas del sector agropecuario (Fernández, 2011).

Los híbridos de maíz modernos tienen poca semejanza con el ancestro más lejano del maíz, la teocinte. Un híbrido de maíz se produce cuando el polen de una línea endogámica se usa para polinizar los estigmas de otra línea endogámica. Una vez que ocurre esto, se produce la heterosis, o vigor híbrido, y las plantas producidas a partir de las semillas híbridas suelen ser más resistentes y con características mejoradas, lo que incluye un mayor rendimiento del grano. Cuanto menos relacionadas están las dos endogamias, más heterosis se produce. La producción de semillas híbridas depende del uso de las líneas endogámicas, que se desarrollan mediante la autopolinización de estigmas por el polen producido en la misma planta (DuPont, 2015). Este proceso se repite a lo largo de varias generaciones, hasta que la línea endogámica se considera genéticamente pura y lo más homocigótica posible. Antes de la década de 1930, las “razas” o “variedades” de maíz eran polinizadas abiertas. En la cosecha, los granjeros seleccionaban visualmente las mazorcas más grandes y de mejor aspecto y guardaban los granos para sembrarlos en la próxima estación. Este método dio como resultado una selección “involuntaria” de ciertas características, favorables o desfavorables.

A medida que este proceso continuó, ciertas razas o variedades fueron seleccionadas con características definidas en diferentes regiones y se les dieron nombres locales, como Bloody Butcher, etc. En algunas áreas de producción de maíz del mundo, aún se utilizan diversas versiones de este proceso (DuPont, 2015).

Por tal motivo, son de gran interés científico-técnico los trabajos encaminados a estimular y prolongar la germinación y posterior conservación de las semillas, para poder elevar la productividad de los cultivos de forma sostenible y enfrentar los cambios en el entorno de manera más apropiada (Doria, 2010).

### 2.1.2. Fenología del maíz

La fenología del maíz se divide en dos estados.

**Tabla 1:** División de los estadios mediante las diferentes etapas fenológicas de cultivo de maíz.

<b>Estadios vegetativos</b>	<b>Estadios reproductivos</b>
VE emergencia	R1 sedas
V1 primera hoja	R2 ampolla
V2 segunda hoja	R3 Grano lechoso
V3 tercera hoja	R4 Grano pastoso
V(n) enésima hoja	R5 Dentado
VT Panoja	R6 Madurez Fisiológica

Fuente: (Beltrán, 2015)

Dentro del desarrollo de los estados fenológico del maíz ocurren eventos importantes en ciertos estados, que mencionan (Beltrán, 2015), a continuación:

V3: El punto de crecimiento está bajo tierra, las bajas temperaturas pueden aumentar el tiempo entre la aparición de las hojas y el daño por helada en este estado tiene muy poco efecto en el crecimiento y en el rendimiento final.

V6: En este estado se recomienda completar la fertilización, puesto que el sistema de raíces nodales está bien distribuido en el suelo. También se observa síntomas de deficiencias de macro o micro nutrientes.

V9: En este estado varias mazorcas rudimentarias ya se encuentran formadas, la panoja se desarrolla rápidamente en el interior de la planta. Además, comienza una rápida acumulación de biomasa, absorción de nutrientes y agua que continuará hasta casi el término del estado reproductivo.

V12: Aquí se determina el tamaño potencial de mazorca y número potencial de óvulos por mazorca. Dado que se está formando el tamaño de la mazorca y número de óvulos, el riego y la nutrición son críticos.

V15: Es el estado más crucial para la determinación del rendimiento. Las hojas aparecen cada uno o dos días y las sedas están comenzando a crecer en las mazorcas superiores.

R1: El número de óvulos fertilizados se determina en este estado. Los óvulos no fertilizados no producen grano y mueren. El estrés ambiental en este momento afecta la polinización y cuaje, a partir del inicio de este estado llegando a:

R5 que se produce un rápido llenado del grano por lo que se presenta también ataque de gusano por lo que es necesario realizar controles.

R5: Los granos empiezan a secarse desde la parte superior donde se forma una capa blanca de almidón. El estrés y las heladas pueden reducir el peso de los granos.

R6 donde el grano alcanza su peso máximo y es cosechado.

### **2.1.3. Manejo agronómico del cultivo**

#### **Siembra**

La siembra directa es una de las tecnologías más idóneas para contribuir a producciones sustentables. Es una técnica basada en el cultivo de la tierra sin arado previo. Así, no se remueven los rastrojos de los cultivos anteriores para asegurar una cobertura permanente del suelo y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del recurso. Al evitar remover la tierra se garantiza una menor oxidación de la materia orgánica y una mayor estabilidad de los agregados del suelo; al conservar su bio porosidad, los canales generados por las lombrices y las raíces son más estables y permiten ingreso de agua al perfil. Al mismo tiempo, la densa cobertura de rastrojos presente en la superficie protege

al suelo del impacto de las gotas de lluvia, reduce el escurrimiento y amplía el tiempo de permanencia sobre los residuos para mejor infiltración (Barcena & Cozzi, 2016).

#### 2.1.4. Métodos de Siembra

Según (Oñate y Maldonado, 2015) en el maíz la siembra puede hacerse por:

Siembra Manual y Siembra Mecanizada o con Tracción Animal.

Siembra Manual: Con espeque o chuzo se hace un hoyo en la tierra, en el cual se arrojan generalmente de 1 a 2 semillas, para posteriormente taparla. Este fue el primer método de siembra usado por el hombre, siendo aún utilizado en zonas con pendientes mayores al 20% o en condiciones en las que la sembradora no puede ingresar al terreno.

Siembra Mecanizada: La siembra se realiza mediante en el uso de la máquina. La siembra mecanizada es empleada en grandes extensiones de tierra, que presenten una topografía plana o semi plana y cuya preparación de suelo ya haya sido mecanizada.

#### 2.1.5. Fertilización

**Tabla 2:** Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.

<b>Nutriente</b>	<b>Requerimiento kg/ton</b>	<b>Índice de Cosecha</b>	<b>Extracción kg/ton</b>
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3.0
Potasio	19	0.21	4.0
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
	<b>g/ton</b>		<b>g/ton</b>
Boro	20	0.25	5
Cloro	444	0.06	27
Cobre	13	0.29	4
Hierro	125	0.36	45
Manganeso	189	0.17	32
Molibdeno	1	0.63	1
Zinc	53	0.50	27

(García, 2016)

Los requerimientos, (cantidad total de nutriente absorbida por el cultivo) y la extracción en grano de los nutrientes esenciales para producir una tonelada de grano de maíz, debe

tenerse en cuenta que esta información resulta de numerosas referencias nacionales e internacionales y que existe una marcada variabilidad según ambiente y manejo del cultivo.

Un cultivo de maíz de 12000 kg/ha de rendimiento necesita absorber aproximadamente 264, 48 y 48 kg/ha de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), respectivamente (García, 2016).

#### **2.1.6. Control de Maleza**

Para la alta presencia de malezas es recomendable aplicar herbicidas, selectivos a base de Atrazina en dosis de 1,6 a 2,0 Kg ha<sup>-1</sup> de ingrediente activo (2,0 a 2,5 Kg ha<sup>-1</sup> de producto comercial en 400 litros agua (Punina, 2015).

#### **2.1.7. Control de insectos**

##### **Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)**

Los huevecillos están cubiertos con escamas. Las larvas al eclosionar tienen hábitos gregarios, canibalísticos y se establecen en el cogollo de la planta. Se presentan seis instares larvarios. Su ciclo es de 30 días en primavera y se alarga en invierno hasta 90 días. Pupa en el suelo a una profundidad de 2 a 8 cm.

La duración de la vida del adulto es de 10 días. Estrategia de manejo: Evitar siembras escalonadas. Aplicar *Bacillus thuringiensis* con bajas poblaciones y en primeros instares.

Aplicar plaguicidas a base de reguladores de crecimiento y biorracionales (caolin, aceite de Neem). Durante la aplicación alinear las boquillas de la aspersora al hilo del surco. Se recomienda consultar el Sistema de Alerta Fitosanitario (SIAFEG) para consultar fechas tentativas del ciclo biológico de la plaga para determinar los momentos oportunos de control. Momento oportuno de control: Al revisar 100 plantas y encontrar 20 plantas dañadas, con excremento fresco o presencia del insecto (Rodríguez, 2011).

##### **Barrenador del tallo (*Diatrarea saccharalis*)**

Los gusanos o larvas comienzan alimentándose de las hojas de la planta y pueden acabar

introduciéndose o trozándose. Se trata de un barrenador del tallo el cual desarrolla de 2 a 3 generaciones de gusanos en el ciclo del cultivo. Su tamaño puede alcanzar los 2cm de longitud (Guampel, 2012).

### **2.1.8. Principales enfermedades en el maíz**

**Complejo mancha de asfalto** (*Phyllachora maydis*) y (*Monographella maydis*).

Esta enfermedad se presenta en zonas relativamente frescas y húmedas de los trópicos, similares a aquellas en las que es común el tizón de la hoja causado por *Turcicum*. Primeramente, se producen manchas brillantes y ligeramente abultadas, de color negro.

Las lesiones que producen los dos patógenos que causan el complejo comienzan a desarrollarse en las hojas inferiores antes de la floración y, si el ambiente es propicio, la infección continúa hacia arriba afectando incluso las hojas más jóvenes. Las mazorcas de las plantas afectadas son muy livianas y tienen granos flojos que no alcanzan a compactarse (CIMMYT, 2004).

**Tizón foliar por maydis** (*Helminthosporium maydis*)

Cuando comienzan a formarse, las lesiones son pequeñas y romboides. A medida que maduran se van alargando, pero las nervaduras adyacentes restringen su crecimiento y la forma final de la lesión es rectangular, de 2 a 3 cm de largo. Las lesiones pueden llegar a fusionarse y producir la quemadura completa de extensas áreas foliares. El tizón foliar por maydis (o tizón sureño del maíz) está generalizado en zonas maiceras cálidas y húmedas (CIMMYT, 2004).

### **2.1.9. Cosecha**

**Cosecha manual.**

En algunas localidades, el maíz dulce es cosechado a mano ya que este método permite seleccionar mejor los productos. Clasificando por calidad en el campo, también se reducen los tiempos de trabajo en las plantas de empaque, lo que significa que el producto puede pasar a la etapa de enfriamiento más rápido. Las mazorcas cosechadas en el campo pueden ser colocadas en cintas transportadoras (Siminis, 2017).

## **Cosecha mecanizada.**

El maíz dulce puede ser cosechado mecánicamente a través grandes máquinas. Con la cosechadora, la parte del tallo que contiene la mazorca es cortado y la mazorca es retirada posteriormente, por la maquina cosechadora o a mano. Una vez culminado este proceso también conocido como trilla, la selección y embalaje ocurre después en la planta de empaque para seguir con el proceso de almacenamiento (Siminis, 2017).

### **2.1.10. Almacenamiento**

Las mazorcas o el grano para la semilla se debe almacenar en lugar fresco y seco (10-12°C) y secos (con menos de 60% de humedad relativa) libres de gorgojo y con humedad en el grano inferior del 12% para lo cual se recomienda utilizar un fumigante a base de gastoxin en base de 6 a 10 (pastillas por 3g) con un tiempo no menor a 72 horas (Punina, 2015).

Si fuera necesario, el maíz debe almacenarse en bodegas situadas en lugares frescos y en sacos. El grano para ser almacenado debe tener 11% de humedad. Además, el grano debe estar limpio y tratado con fumigante para semillas como el fosfuro de aluminio (Phostoxim, Phosphine). Si el grano a almacenar se va a usar como semilla, es recomendable hacerlo en bodegas ventiladas donde la temperatura no exceda los 25°C al medio día, de esta manera podrá conservarse hasta seis meses. El ambiente ideal para el almacenamiento del maíz debe tener una temperatura de 21°C y entre 45 y 50% de humedad relativa, constantes (MAG, 1991).

### **2.1.11. Producción**

Para producción de grano, se ha observado que incrementos en la densidad de población disminuyen el tamaño, número y producción de granos por planta, debido que se afecta negativamente el número de inflorescencias femeninas y de mazorcas por tallo. Sin embargo, lo anterior no significa que se afecte el rendimiento por unidad de superficie; sino que, al contrario, éste puede incrementarse (Ramos et al, 2010).

La obtención de incrementos en la producción tanto de grano como de forraje, se requieren híbridos y variedades de alto rendimiento, con tolerancia a factores bióticos y

abióticos; la tecnología de manejo que permita mejor expresión genético-fisiológica aprovechamiento del agua, nutrientes, luz, etc. (Ramos et al, 2010).

#### **2.1.12. Ambientes de cultivo de maíz**

En los trópicos hay una gran diversidad de ambientes en los que se cultiva el maíz y a los cuales su mejoramiento y su producción están estrechamente ligados. Una comprensión y una clasificación cabal de esos ambientes es necesaria para identificar el tipo de germoplasma más adecuado y productivo para las distintas regiones (Granados et al, 2001).

La clasificación de los ambientes del maíz se basa primeramente en las mayores regiones climáticas que corresponden a las latitudes en que el mismo es cultivado. Los países o regiones comprendidas entre la línea ecuatorial y los 30° N y 30° S constituyen el ambiente tropical y el maíz cultivado en esa zona se conoce como maíz tropical. Las regiones que están entre los 30° y 34° Norte y Sur son clasificadas como ambientes subtropicales. En estas regiones se cultiva un gran rango de genotipos, tropicales o subtropicales, los últimos derivados de la introgresión de germoplasma tropical y templado (Gamiño, 2009).

Es necesario sin embargo remarcar que estas mayores clases de genotipos de maíz no siguen estrictamente los parámetros de latitud y altitud ya que las temperaturas del período de crecimiento tienen una influencia considerable sobre la adaptación del genotipo. Se ha descrito en detalle estos principales ambientes del crecimiento indicando las temperaturas medias, mínima, máxima y promedio de las estaciones de crecimiento del maíz (Gamiño, 2009).

#### **2.1.13. Necesidades hídricas de cultivo**

El agua es el factor que más limita la producción en los sistemas agrícolas de secano.

Particularmente en regímenes áridos y semiáridos, y su movimiento dentro del perfil del suelo depende del número de macro poros, los cuales son responsables de la porosidad efectiva, en los macro y microporos encontramos un sinnúmero de fuentes de agua tanto así la planta no sentirá estrés hídrico en todo su procesos fenológicos (Bravo et al, 2004).

#### **2.1.14. Viento y evapotranspiración**

Aunque no es posible controlar la humedad del suelo, excepto en condiciones de riego, sí se puede conocer bajo qué condiciones se obtiene el máximo rendimiento. En condiciones variables de humedad del suelo, la espiga más larga fue producida con 60% de saturación, mientras que la máxima acumulación de peso de la planta fue alcanzada a 80%. A contenidos de humedad mayores el crecimiento de las plantas fue mayor pero no fue correspondido por un momento en el tamaño de las espigas. El viento es un factor muy importante cuando se consideran las pérdidas de agua a través de la evapotranspiración, las que por su parte aumentan con el aumento de la temperatura. Durante períodos de viento, alta radiación solar y alta temperatura más agua es extraída por evaporación de la superficie del suelo y por transpiración de las hojas en ausencia de estas condiciones (Fassio et al, 1998).

#### **2.1.15. Humedad**

Humedad: la absorción de agua es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación, porque para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea (Doria, 2010).

La cantidad de agua almacenada o retenida en el suelo, varía de forma constante, desde el punto de vista de su utilización por las plantas puede ser: Agua superflua (por demás); Agua útil (se puede aprovechar); Agua Inútil (no se puede aprovechar) (Coronel, 2013). La humedad remanente en el suelo después de que la fuerza gravitacional ha drenado de los macro poros el agua gravitacional, dejando los microporos llenos con agua capilar retenida a menos de 0,3 barras de tensión en las partículas del suelo (Gliessman, 2002).

#### **2.1.16. Temperatura**

Es un factor decisivo en el proceso de germinación, ya que influye sobre las enzimas, que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Por ello, las semillas solo germinan

dentro de un cierto margen de temperatura. Aunque las demás condiciones sean favorables para las plantas, con mayor masa de materia orgánica (M.O.) es más fácil obtener resultados sobre germinación. (Doria, 2010).

#### **2.1.17. Porosidad de suelos**

Hay tres clases de poros en el suelo: los más grandes, que miden de 30 a 60  $\mu$ , los de 0.2 a 30  $\mu$  y los que miden menos de 0.2  $\mu$ . Las raíces crecen en los poros grandes que drenan por efecto de la gravedad. Las plantas pueden absorber el agua que contienen los poros medianos, pero la que retienen los poros pequeños (Y los nutrientes que esta contiene) no puede ser aprovechada por el cultivo cuando la densidad (Barreto et al, 1989).

La densidad aparente y la velocidad de infiltración son dos propiedades físicas que serán analizadas en el transcurso de este trabajo. Resulta importante definir que la densidad aparente es el peso del suelo para un volumen determinado, como se dijo anteriormente, se la utiliza para medir compactación. En general, cuanto mayor la densidad, menor es el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de las raíces, y el desarrollo de las plántulas. Mientras que la infiltración es una medida de cuan rápidamente el agua penetra en el suelo. El agua que penetra demasiado lentamente puede provocar anegamiento en terrenos planos o erosión por escurrimiento en campos en pendiente (Barcena & Cozzi, 2016).

#### **2.1.18. Suelo**

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas. En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua. El maíz, en general, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio; con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc. Los síntomas en el campo, de un pH inadecuado, en general se asemejan a los problemas de micro nutrientes (Flores, 1996).

### **2.1.19. El agua en el suelo**

El suministro de agua en el suelo es indispensable para el desarrollo y crecimiento de las plantas, es muy importante conocer la forma y cantidad que ésta se encuentra disponible en el suelo. El agua de riego, o de lluvia, se infiltra por el suelo a través de sus poros y es retenida por las fuerzas capilares. Si el agua es abundante desaloja el aire y completa totalmente los espacios entre partículas hasta llegar a la saturación. A este tipo de agua se le llama “agua gravitacional” y su consumo en las etapas de cultivo permite que los grandes poros se llenen nuevamente del aire necesario.

La absorción de agua por las raíces y la evaporación en la superficie del suelo va reduciendo el contenido de humedad en el terreno hasta llegar al punto donde el movimiento por capilaridad ya no se produce, el agua queda retenida con tal fuerza que la planta no puede aprovecharla y empieza a marchitarse. A este estado se conoce que el suelo está en el “punto de marchites permanente”. Debajo del punto de marchitez permanece en cierto nivel de humedad, no aprovechable por las plantas, llamamos “agua higroscópica” (Chavez, 1998).

### **2.1.20. Balance Hídrico**

La disponibilidad de agua de un suelo, depende de la profundidad y textura del mismo (el agua en suelos de tipo arenoso está retenida con menos fuerza que en suelos de tipo arcilloso). Es así que para evaluar las relaciones hídricas de las plantas es necesario evaluar cuantitativamente la humedad en el suelo, las características de retención de agua y la demanda atmosférica. Cuanto mayor es la demanda atmosférica, mayores el nivel de humedad en el suelo necesario para satisfacerla y evitar el estrés en las plantas, por cada centímetro encontramos cantidad de agua disponible para la planta en mayor cantidad la que dependerá de la textura del suelo (Fassio et al, 1998).

## **2.2. Marco referencial**

### **2.2.1. El agua en el suelo**

El agua que forma las escorrentías superficiales para efectos de drenaje es llamada “Agua libre o gravitacional”, la que por su misma naturaleza es causante muchas veces de procesos erosivos, reacciones químicas en los suelos como reducción y oxidación o bien

la acidificación de suelos. Al momento en que concluye el suministro de agua al suelo por efecto de riego o lluvia, la humedad retenida se desprende de los macro poros, quedando retenida en el suelo solamente la humedad contenida por los microporos llamada “Agua de capacidad de Campo” para efectos de riego. Al consumirse o evaporarse esta porción de agua, y cuando en la planta se presentan signos de marchitez se dice entonces que el suelo está en la situación de coeficiente de marchitez o humedad crítica, también llamado para efectos de riego como “Punto de Marchitez Permanente” (Serna, 2011).

La cantidad de agua y su distribución a lo largo del ciclo vegetativo de la planta son fundamentales para el crecimiento y el rendimiento del cultivo, de manera que si existe sequía durante el establecimiento del cultivo las plántulas mueren reduciendo su población; durante la etapa de floración se reduce la formación de granos y de mazorcas; o durante el llenado del grano se obtiene un llenado parcial y más lento de las raíces y la absorción de nutrientes disminuyendo la capacidad productiva de la planta por este motivo, la relación que se espera entre la precipitación y el rendimiento también sigue una curva en U invertida (Aguirre & Sarauz).

La absorción de agua por las raíces y la evaporación en la superficie del suelo va reduciendo el contenido de humedad en el terreno hasta llegar al punto donde el movimiento por capilaridad ya no se produce, el agua queda retenida con tal fuerza que la planta no puede aprovecharla y empieza a marchitarse. A este estado se conoce que el suelo está en el “punto de marchites permanente”. Debajo del punto de marchitez permanece en cierto nivel de humedad, no aprovechable por las plantas, llamamos “agua higroscópica” la cual es favorable únicamente para las plantas en proceso de crecimiento y producción (Chavez, 1998).

### **2.2.2. Principal causa de estrés hídrico en la planta**

Cuando la evapotranspiración (ET) es menor al 100% potencial la planta está sometida a algún grado de estrés. Por ejemplo, con una humedad disponible en el suelo de 40% en la zona de las raíces, para una alta demanda atmosférica, la ET real será el 82% de la potencial; para una demanda media el 93% y para una demanda baja el 100%. En el período posterior a emergencia de barbas (con 40% de humedad disponible), dichos valores serán de 59, 83 y 100% respectiva mente (Fassio et al, 1998).

### 2.2.3. Rendimientos en el cultivo de maíz

Este por ser un cultivo muy exigente en agua en el orden de hasta 5 mm al día las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante; en la fase del crecimiento vegetativo es cuando más agua se requiere, dándole como prioridad para la futura cosecha en granos o en forraje ya que en circunstancias la producción ha variado en la época seca de 4000 kg/ha hasta los 5500 kg/ha. (Bonilla, 2012).

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno que en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a 700 nm, al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo, en la época seca es donde ocurren más significativamente estos problemas que abordan los diferentes cultivos pero siendo de mayor significancia por su superficie cultivada de maíz, este es sembrado mayoritariamente a finales de Abril hasta finales de Mayo dependiendo de la respuesta sobre humedad del suelo. (Sánchez et al, 2011).

### 2.2.4. Híbrido SOMMA

Somma es el nuevo maíz híbrido de Syngenta, con una excelente adaptación a las condiciones de la costa maicera del Ecuador. Somma tiene como característica principal, el color y la calidad de su grano, que lo hace muy atractivo en el mercado. El híbrido SOMMA cuenta con las siguientes características descritas a continuación (Syngenta, 2018).

#### **Beneficios**

Comercialización de grano	Excelente
Recolección manual	Fácil
Cosecha tardía	Flexible (140-150 dds) en campo tallo no se quiebra.
Desgrane	Suave

#### **Características generales**

Aporque de planta	Bajo
Altura de planta	219 cms

Altura de mazorca	121 cms
Hojas	Semi erectas

### **Características de mazorca y grano**

Mazorca	Cilíndrica
Número de hileras	14 – 16
Semillas por hilera	30
Color de Grano	Amarillo intenso
Textura de grano	Cristalino
Peso de 1000 granos	240g - 280g

### **Estadísticas**

Días a la floración	55 – 56
Ciclo vegetativo	125
Rendimiento (Ton ha <sup>-1</sup> )	8.5 (Seco y limpio)

#### **2.2.5. Híbrido Tropi 101**

Este es un híbrido Tropical que se adapta muy bien a las zonas cálidas. Es un híbrido que tiene muy buena tolerancia a las enfermedades que se tiene en todas las campañas en la región, su característica más importante es el tamaño de la mazorca en promedio tiene 22 hileras y un excelente tamaño de grano, indicó (INTEROC, 2015).

También destacó que uno de los puntos más importantes a la hora de manejar el híbrido es tener un cuidado especial en asegurar la densidad correcta de plantas por hectárea. El híbrido Trópi 101 cuenta con las siguientes características descritas a continuación (Interoc, 2015).

### **Características generales**

Días a la floración	53	
Días a la cosecha	115 – 120	
Tipo de grano:	Semi - dentado	Amarillo - anaranjado

Altura de planta (cm)	270 – 280
Altura de mazorca (cm)	145 – 160
Hileras por mazorca	20 – 22
Tolerancia a acame	Resistente
Densidad de siembra	62,500 - 56,818 P ha <sup>-1</sup>
Índice de desgrane %	85%
Distancias de siembra	1 Semilla por sitio 80x20 cm (inv) 80x22 (ver)

### **Tolerancia a enfermedades**

Foliares	Moderadamente tolerante
Tallo	Tolerante
Grano	Tolerante

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Ubicación del sitio experimental**

La investigación se realizó en la finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo localizada en el Km 7 de la vía Quevedo – El Empalme, determinada geográficamente por las coordenadas 79° 27’ longitud oeste y 01° 06’ de latitud sur y a una altitud de 75 m.s.n.m.

### **3.2. Clima suelo en el área del sitio experimental**

La zona de núcleo del área de Quevedo corresponde al Bosque Húmedo Tropical. Los valores medios inter anuales para la precipitación, temperatura, humedad relativa y Heliofania son: 2252 mm, 24.5 °c, 84% y 894 horas luminosidad efectiva (cita bibliográfica). El relieve del terreno, marcado por ondulaciones suaves y lomas, está cubierto por suelo de textura franco-limosa, profundidad variable que puede llegar a 1m en terrenos planos. La capacidad de almacenamiento de agua disponible es alrededor de 15 mm por cada 10 cm de profundidad. La fertilidad del suelo es buena con niveles de M.O. que normalmente superan el 2.5% y niveles altos de P (> 30 ppm) y K (>0,50 mg/100cc).<sup>1</sup>

### **3.3. Tipo de investigación**

Experimental.

### **3.4. Material de siembra.**

Se utilizaron los híbridos: SOMMA y TROPIC 101 cuyas características principales se presentan en la siguiente tabla:

Características:

Morfológicas

fisiológicas

---

<sup>1</sup> Comunicación personal de Freddy Amores Puyutaxi de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

**Tabla 3:** Características morfológicas y fenológicas de los híbridos en estudio.

Características	SOMMA	TROPIC 101
Híbrido	Simple	Simple
Altura de planta	207 cm	270-280 cm
Cobertura de mazorca	Excelente	Excelente
Color de grano	Amarillo intenso	Amarillo-anaranjado
Textura del grano	Cristalino	Cristalino
Tolerancia a las enfermedades	Alta	Moderada
Días a la cosecha	125	110- 115
Numero de hileras por mazorca	14	20 – 22

(Syngenta, 2018). (Interoc, 2015)

### 3.5. Factores en estudio

**Factor A:** Híbridos: Somma; Tropi 101

**Factor B:** Densidades de siembra (número de plantas /ha) en función de distanciamientos diferentes.

Cada híbrido se estudió con las siguientes densidades y distanciamientos: a) 83333 pl/ha con un distanciamiento de 0.6 x 0.2 m; b) 62500 pl/ha con un distanciamiento de 0.6 x 0.3 m); c) 55555 pl/ha con un distanciamiento de 0.8 x 0.2 m; d) 41666 pl/ha con un distanciamiento de 0.8 x 0.3 m)

### 3.6. Tratamientos

Los tratamientos descritos a continuación provienen de la combinación de los niveles de los factores (Híbridos y Densidad de Siembra) estudiados.

T1 SOMMA densidad; 83333 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.6 x 0.2 m)

T2 SOMMA densidad; 55555 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.6 x 0.3 m)

T3 SOMMA densidad; 62500 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.8 x 0.2 m)

T4 SOMMA densidad; 41666 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.8 x 0.3 m)

T5 TROPI 101 densidad 83333 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.6 x 0.2 m)

T6 TROPI 101 densidad de 55555 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.6 x 0.3 m)

T7 TROPI 101 densidad de 62500 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.8 x 0.2 m)

T8 TROPI 101 densidad de 41666 pl ha<sup>-1</sup> distanciamiento (0.8 x 0.3 m)

### 3.7. Diseño experimental

Se empleó el diseño BCA con arreglo factorial (2 x 4) en 3 repeticiones. El factor A corresponde al material de siembra (híbridos) a y el Factor B a la densidad de plantas en función de distintos espaciamientos de siembra.

La separación de las medias de las variables seleccionadas entre semillas híbridas se realizó mediante la DMS 0.05. Para la separación de medias entre densidades, y la interacción se utilizó la prueba de Tuckey 0.05

**Tabla 4:** Esquema del análisis de varianza utilizada en la presente investigación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC
Repeticiones	2 (rep-1)	$\frac{\sum x^2 rep}{hib * dist} - fc$	SC/GL	CM/Error
Híbridos	1 (híb-1)	$\frac{\sum x^2 hib}{rep * dist} - fc$	SC/GL	CM/Error
Distanciamiento	3 (dist-1)	$\frac{\sum x^2 dist}{rep * dist} - fc$	SC/GL	CM/Error
Interacción (D + H)	3 (dist*híb)	$\frac{\sum x^2 int}{rep} - fc - fa - fb$	SC/GL	CM/Error
Error experimental	14 (t-r-h-d-i)	$SCT - SCfa - SCfb - SCint$	SC/GL	
Total	23 (trat. x r-1)	$\Sigma x^2 - fc$	SC/GL	

**Tabla 5:** Características de las parcelas

	<b>Características</b>
Superficie del experimento:	680,4 m <sup>2</sup> (21 x 32,4 m)
Área total de la unidad experimental:	15 m <sup>2</sup> (densidad 1 y densidad 2) y 20 m <sup>2</sup> (densidad 3 y densidad 4)
Área de la parcela útil:	9,0 m <sup>2</sup> (densidad 1 y 2) y 12,0 m <sup>2</sup> (densidad 3 y 4)
Número de repeticiones:	3
Distancia entre repeticiones:	1,5 m
Número de hileras por parcela:	5
Número de hileras por parcela útil:	3
Distancia entre hileras:	0,60 m y 0,80 m
Distancia entre plantas:	0,20 m y 0,30 m
Plantas por hilera:	25 plantas y 16 plantas
Plantas por unidad experimental:	125 plantas y 80 plantas

⊗ Cada distanciamiento entre hileras se combinó con dos distanciamientos entre plantas.

### **3.8. Manejo del experimento**

#### **3.8.1. Preparación del suelo**

El terreno se preparó con dos pases de rastra pesada. Cabe señalar que antes de la preparación el suelo estaba cubierto con rastrojos de maíz y mucuna (*Mucuna pruriens*, L.) antes de la preparación.

#### **3.8.2. Siembra y raleo**

La siembra se realizó a espeque el 7 de junio del 2018 a los cinco días de la preparación de terreno. Se depositaron 2 semillas por golpe en todos los tratamientos. De tal manera que la densidad original de plantas antes del raleo fue: D1: 166666; D2: 111110; D3:125000; D4: 83332 plantas ha<sup>-1</sup>. A los 12 días de la siembra se raleó una planta, dejando la más vigorosa por sitio, así se obtuvieron las densidades definitivas: D1: 83333; D2 :55555; D3: 62500; D4: 41666 plantas ha<sup>-1</sup>, culminando con el proceso de asimilación en número de plantas por hectárea.

### 3.8.3. Control de malezas

Se aplicaron los siguientes herbicidas: Prowl (Pendimetalin) en dosis de 2 l ha<sup>-1</sup> en pre emergencia, ATRAZINA 90 WG (Atrazina) 1,5 kg ha<sup>-1</sup> más Glifopac (Glifosato) 2 l ha<sup>-1</sup> también en preemergencia. A los 12 días de la siembra se aplicó Accent (Nicosulfuron) en dosis de 32 g ha<sup>-1</sup>. Se aplicó Gramoxone (Paraquat) 1.5 l ha<sup>-1</sup> dirigido entre las hileras, a los 40 días de la siembra.

### 3.8.4. Fertilización

La fertilización se la efectuó a los 8 días de la siembra con Abono Completo (8-20-20) en dosis de 250 kg ha<sup>-1</sup> incorporado en hoyos realizados con espeque. Posteriormente a los 21 días se aplicó Yaramila (12-11-18) en dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup>. La fertilización se completó a los 35 días de la siembra con la aplicación de Urea (45% N) en dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup>. En total se aplicaron por hectárea el equivalente 123 kg de N, 72 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 86 kg de K<sub>2</sub>O.

### 3.8.5. Control de plagas y enfermedades

Se aplicó Piriclor (Piriclor) en dosis de 0,4 l ha<sup>-1</sup> a los 14 días de la siembra. A los 21 días de la siembra se aplicó Lorsban (Clorpirifos) en dosis de 0.5 l ha<sup>-1</sup>. A los 35 días de la siembra se aplicó Proclaim (Benzoato de emamegtina) en dosis de 150 g ha<sup>-1</sup>, para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Para la prevención y control de enfermedades: Mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) y Tizón foliar (*Helminthosporium maydis*) se aplicaron los siguientes fungicidas: Regnum (Pyraclostrobin) en dosis de 0,6 L ha<sup>-1</sup> a los 14 días de siembra junto con el insecticida, Toledo (Tebuconazole) en dosis de 0,4 L ha<sup>-1</sup> a los 20 días de la siembra junto con la aplicación de insecticida; se realizó una última aplicación con Skul – 27 (Carbono penta hidratado) a los 40 días de la siembra para el control de Tizón foliar (*Helminthosporium maydis*) en dosis de 0.7 l ha<sup>-1</sup>.

### 3.8.6. Cosecha

La labor de cosecha se realizó manualmente una vez culminado el ciclo del cultivo el 5 de octubre del 2018 para lo cual se utilizaron saquillos cestos para coleccionar las mazorcas

cosechadas, a los 120 días después de la siembra. Al momento de la cosecha la humedad del grano oscilaba entre el 20 y 21 %

### **3.9. Variables de evaluación**

#### **3.9.1. Altura de planta (cm).**

Se midió desde el nivel del suelo hasta la base de la última hoja presente a los 35 días de la siembra. La medición se realizó en 10 plantas.

#### **3.9.2. Días a la floración masculina**

Se contó el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas habían expuesto su inflorescencia masculina.

#### **3.9.3. Días a la floración femenina**

Se determinó por el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron pistilos visibles de 2 a 3 cm.

#### **3.9.4. Longitud de mazorca en (cm)**

De las mazorcas cosechadas se tomaron al azar 10 mazorcas para medir la longitud en centímetros. La longitud se midió desde la base hasta el ápice de cada mazorca con flexómetro.

#### **3.9.5. Diámetro de mazorca en (cm)**

Se midió en las 10 mazorcas utilizadas para el registro de la variable anterior. El diámetro de la mazorca se midió en centímetros en el tercio medio de cada mazorca; Se utilizó un calibrador – vernier.

#### **3.9.6. Número de hileras por mazorca**

En las mismas mazorcas en que se midió el diámetro y la longitud se determinó el número de hileras de grano.

### 3.9.7. Peso de 1000 semillas (g)

Se contaron 1000 semillas, libres de hongos e insectos. Las muestras se pesaron en una balanza de precisión calibrada en gramos.

### 3.9.8. Rendimiento por parcela útil (Kg)

Se pesaron los granos de cada parcela útil y luego se ajustó dicho peso al 12% de humedad, aplicando la fórmula a continuación:

$$P_u = \frac{P_a (100 - h_a)}{(100 - h_d)}$$

Dónde:

$P_u$  = Peso ajustado al 12% luego de secar y medir la humedad con un sensor.

$P_a$  = Peso actual, el peso con el que se encuentra sin sacar la humedad.

$h_a$  = Humedad actual, humedad con la que se encuentra al momento de pesarlo.

$h_d$  = Humedad deseada, humedad a cuál se la quiere llevar.

### 3.9.9. Humedad del suelo

Se registró la humedad de suelo tomando una muestra en el horizonte 0-30 cm durante la siembra. Luego del secamiento en la estufa se encontró que a la siembra el contenido de humedad del suelo era 25,8 % en base a peso seco. Luego se tomaron muestras de suelo cada 10 días por distanciamiento de siembra en el mismo horizonte. Los contenidos de humedad se promediaron para cada evento de muestreo con el fin de monitorear la dinámica del decrecimiento de la humedad del suelo en el lote experimental. Para la determinación del porcentaje de humedad las muestras se secaron en una estufa por 24 horas a 105°C. Para determinar la humedad en base al peso seco se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

Ph = peso de suelo húmedo en g

Ps = peso de suelo seco en g

### 3.9.10. Análisis económico

Los productos esperados en el análisis económico son la relación beneficio costo (B/C) y el índice de rentabilidad. Ambos se utilizaron para determinar el desempeño de cada dólar invertido en maíz. Con este fin el rendimiento de maíz de cada parcela se extrapolaron para estimar el rendimiento por hectárea. Al hacer la extrapolación se produce una sobre estimación de la productividad ya que no se toma en cuenta la variación del suelo que está presente en cualquier lote comercial de maíz. El potencial de esta variación para causar cambios substanciales en la productividad es amplio. Para evitar que esta sobre estimación del rendimiento exagere la rentabilidad se multiplico x 0.70 el rendimiento por hectárea. Este índice que guarda relación con experiencias locales para extrapolar rendimientos de pequeñas parcelas de maíz a una hectárea, permite una mayor coherencia al tratar de usar rendimientos experimentales para hacer análisis económicos con valor para la producción comercial de maíz.<sup>2</sup>

Además, para hacer esta aproximación se tomaron en cuenta opiniones de productores comerciales que coincidieron en el hecho de que, para la siembra de maíz sin riego durante la época seca, difícilmente se cosecha 100 quintales, aun sembrando lo más temprano el maíz al final de la época lluviosa.

El análisis económico se realizó en base al rendimiento y al costo de cada uno de los tratamientos e insumos extrapolados a una hectárea. Se calculó la relación beneficio costo con la fórmula siguiente que utilizó un precio de venta de \$0,35 por kilogramo de maíz.

$$R (B/C) = \frac{IB}{CT}$$

**R (B/C):** Relación beneficio – costo

**IB:** Ingreso Bruto

**CT:** Costo Total

---

<sup>2</sup> Comunicación personal de Freddy Amores Puyutaxi de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

El rendimiento se ajustó al 12% de humedad y luego se extrapoló a rendimiento por hectárea con la siguiente fórmula:  $\text{Kg ha}^{-1} = (10000\text{m}^2 * \text{Kg cosechados}) / \text{Área útil del ensayo}$ . Finalmente, el rendimiento por hectárea se multiplico por 0.70 para que el análisis económico sea coherente con un escenario real de producción en la zona.

Para obtener el Ingreso bruto se multiplicó el precio de venta del Kg que fue de \$0,35 por el rendimiento en  $\text{Kg ha}^{-1}$ . El costo de tratamiento cambió ligeramente por el precio de la semilla que fue distinto para Somma (\$120) y Tropi 101 (\$180), más el costo de la siembra que fue variable para cada densidad (ver Tabla al final de la página). El costo de cosecha y transporte se obtuvo multiplicando el rendimiento en  $\text{Kg ha}^{-1}$  por \$0,03, que corresponde al costo combinado de cosechar y transportar un kg de maíz hasta el lugar de comercialización.

El costo total está dado por la suma del costo diferenciado de la semilla, siembra y cosecha más el costo de las prácticas agrícolas e insumos aplicados (preparación del terreno, abonos, insecticidas, fungicidas, control de malezas, etc.)

La utilidad neta es igual al ingreso bruto menos costo total. La relación B/C se dio por la división de ingreso bruto sobre costo total, en la que se observa la ganancia por cada dólar invertido. Culminando con la rentabilidad dada en porcentaje usando la fórmula:  $\text{Rentabilidad \%} = (\text{Utilidad neta} / \text{Costo Total}) 100\%$ .

<b>Maíz Somma</b>		<b>Maíz Tropi 101</b>	
Precio de semilla	\$ 120,00	Precio de semilla	\$ 180,00
Precio de siembra		Precio de siembra	
Densidades		Densidades	
83333	\$ 40	83333	\$ 40
55555	\$ 30	55555	\$ 30
62500	\$ 34	62500	\$ 34
41666	\$ 28	41666	\$ 28
Costos Variables		Costos Variables	
Alquiler del terreno	\$ 250 Ha	Alquiler del terreno	\$ 250 Ha
Pases de rastra	\$ 60 pases 2	Pases de rastra	\$ 60 pases 2
Insecticidas	\$ 75	Insecticidas	\$ 75
Fungicidas	\$ 97	Fungicidas	\$ 97
Fertilizantes	\$ 279	Fertilizantes	\$ 279
Control de malezas	\$ 120	Control de malezas	\$ 120
Cosecha		Cosecha	
Precio costo/transporte	\$ 0.03 kg	Precio costo/transporte	\$ 0.03 Kg
Precio de venta	\$ 0,35 Kg	Precio de venta	\$ 0,35 Kg

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados

### Altura de planta a los 35 días en (m)

El ADEVA (ver la Tabla 3 del Anexo) muestra la ausencia de significancia estadística para ambos factores bajo estudio, así como para su interacción. La Tabla 7 indica que la altura media de planta a través de densidades oscila de 1.0 a 1.1 m.

**Tabla 6:** Promedio de altura de plantas en (m) a los 35 días después de la siembra.

Híbridos	Densidades				Promedio(m)	
	D1:83333	D2: 55555	D3: 62500	D4: 41666		
<b>Somma</b>	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	a
<b>Tropi 101</b>	1,1	0,8	1,1	0,9	1,0	

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tuckey al 95% de probabilidad.

### Días a la floración masculina

El ADEVA (ver Tabla 4 de Anexo) muestra la ausencia de significancia estadística para ambos factores bajo estudio y para la interacción entre ellos. La Tabla 8 indica que la media del número de días a floración, a través de densidades, varió de 60.9 a 61.2 días.

**Tabla 7:** Promedio de días a la floración masculina en función de Híbridos y Densidades.

Híbridos	Densidades				Promedio	
	D1: 83333	D2: 55555	D3: 62500	D4: 41666		
<b>Somma</b>	61,3	60,7	61,7	61,0	61,2	a
<b>Tropi 101</b>	60,7	60,7	61,0	61,33	60,9	

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

### Días a la floración femenina

El ADEVA (ver Tabla 5 del Anexo) muestra la ausencia de significancia estadística entre híbridos y entre densidades de siembra. Tampoco hay significancia para la interacción. La Tabla 9 muestra que en realidad ambas medias son similares.

**Tabla 8:** Promedio de días a la floración femenina en función de Híbridos y Densidades.

Híbridos	Densidades				Promedio	
	D1:83333	D2: 55555	D3: 62500	D4: 41666		
<b>Somma</b>	64,0	63,0	64,3	63,3	63,8	a
<b>Tropi 101</b>	64,0	63,3	63,7	64,3	63,8	

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

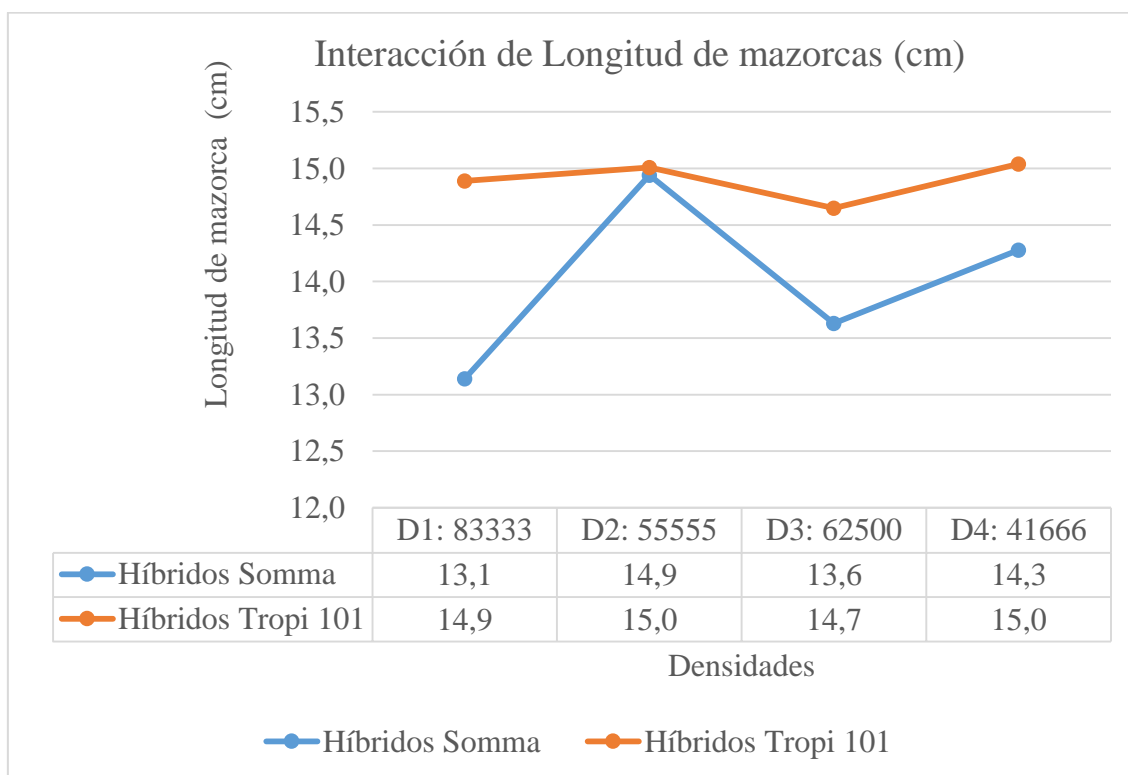
### Longitud de mazorca (cm)

El ADEVA (ver Tabla 6 del Anexo) muestra diferencias estadísticas entre híbridos, y también para la interacción híbridos x densidades. Según la Tabla 10 Tropi 101 superó a Somma en longitud de mazorca con una diferencia de casi 1 cm. La Figura 1 muestra que la interacción significativa reflejó el comportamiento de ambos híbridos coincide en la densidad de 55555 pl/ha para la longitud de mazorca y se mantienen separados en las otras densidades.

**Tabla 9:** Promedio de longitud de mazorca (cm) en función de Híbridos y Densidades.

Híbridos				
Somma		Tropi 101		Promedio
14,0	b	14,9	a	14,5
Densidades				
D1: 83333	D2: 55555	D3: 62500	D4: 41666	Promedio
14,0	14,9	14,1	14,7	14,5 a

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.



**Figura 1.-** Interacción entre híbridos x densidades para la longitud de mazorca (cm).

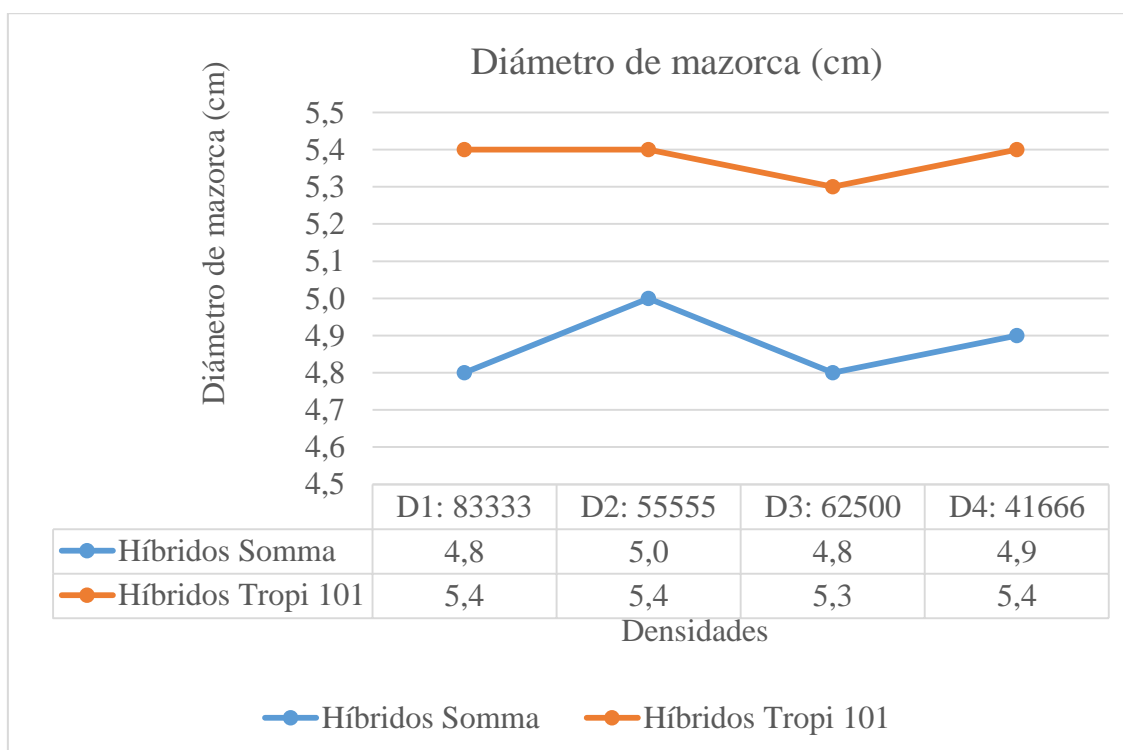
### Diámetro de mazorcas (cm)

El ADEVA (ver Tabla 7 del Anexo) revela la diferencia altamente significativa entre híbridos y la diferencia solo significativa para el factor densidad y la interacción híbridos x densidad. El Tropi 101 superó claramente a Somma con > 0.5cm para el diámetro de mazorca. La Figura 2 de la interacción significativa revela que la brecha para el comportamiento de esta variable es menor con la densidad de 55555 pl/ha en la figura 3.

**Tabla 10:** Promedio de diámetro de mazorcas (cm) en función de Híbridos y Densidades.

Híbridos				Promedio (cm)
Somma		Tropi 101		
4,8 b		5,4 a		5,1
Densidades				Promedio (cm)
D1: 83333	D2: 55555	D3: 62500	D4: 41666	
5,1 a b	5,2 a	5,1 b	5,1 a b	5,1

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.



**Figura 2.-** Interacción entre híbridos x densidades para el diámetro de mazorca (cm).

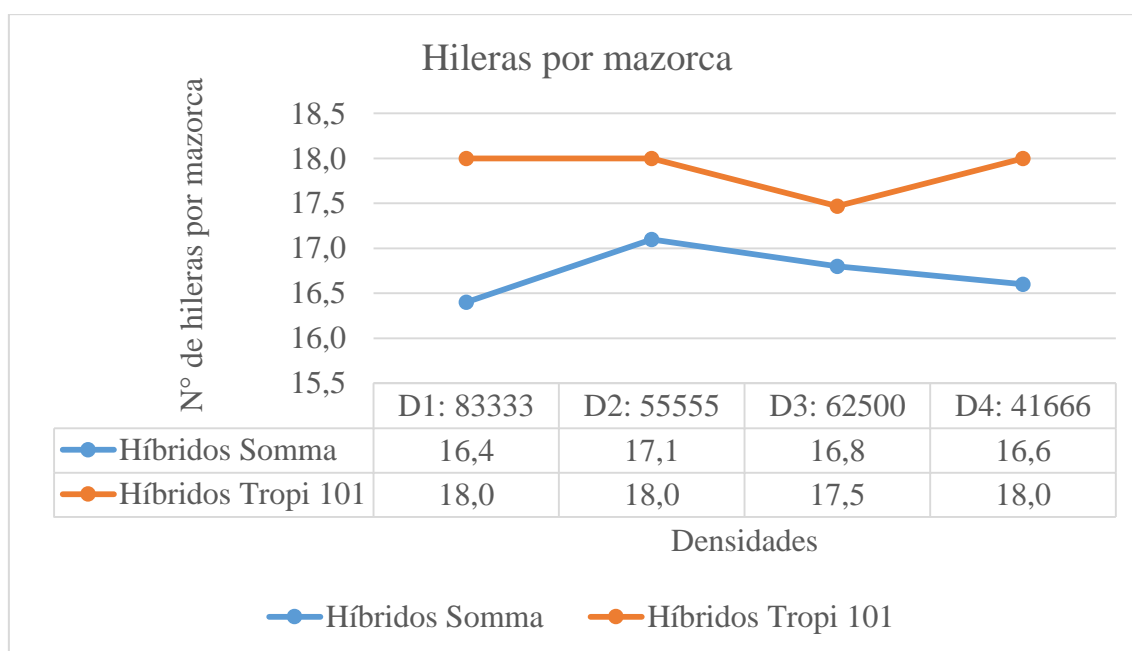
## Número de hileras por mazorca

El ADEVA (ver Tabla 8 del Anexo) revela una diferencia estadística altamente significativa entre híbridos y solo significativa para la interacción híbridos x densidades. Según la Tabla 12 el número de hileras por mazorca del Tropi 101 fue superior a la del Somma. En cuanto a la interacción significativa, la Figura 3 muestra que la brecha entre el número de hileras x mazorca es más amplia con la densidad más alta (83333 pl/ha) y más baja (41666 pl/ha).

**Tabla 11:** Promedio de hilera por mazorcas en función de Híbridos y Densidades.

Tratamientos		Promedio
<b>Híbridos</b>	<b>H1:</b> Somma	16.7 b
	<b>H2:</b> Tropi 101	17.9 a
<b>Densidades de siembra</b>	<b>D1:</b> 83333	17.2 a
	<b>D2:</b> 55555	17.6
	<b>D3:</b> 62500	17.1
	<b>D4:</b> 41666	17.3
<b>Promedio</b>		17.3
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		2.4

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.



**Figura 3.-** Interacción entre híbridos x densidades de siembra para el número de hileras por mazorca.

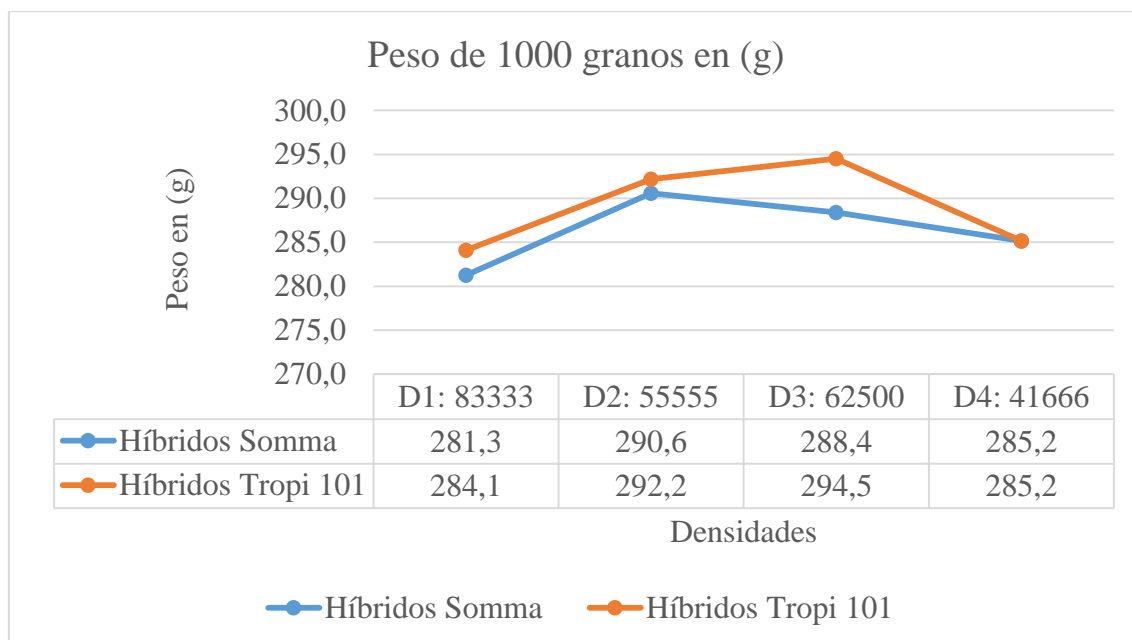
## Peso de 1000 granos

El ADEVA (ver Tabla 9 del Anexo) revela significancia estadística para el peso de 1000 granos entre densidades y también para la interacción híbridos x densidades. El peso más alto corresponde al híbrido Tropi 10. El menor peso correspondió a la densidad más alta. Con la densidad de 62500 plantas/ha la brecha entre el peso de 1000 granos se amplió considerablemente revelando la presencia de la interacción significativa para este parámetro.

**Tabla 12:** Promedio en peso de 1000 granos (g) en función de Híbridos y Densidades.

Tratamientos		Promedio (g)
<b>Híbridos</b>	<b>H1:</b> Somma	286.4 a
	<b>H2:</b> Tropi 101	288.6
<b>densidades de siembra</b>	<b>D1:</b> 83333	282.7 b
	<b>D2:</b> 55555	291.4 a
	<b>D3:</b> 62500	291.5 a
	<b>D4:</b> 41666	284.4 a b
<b>Promedio</b>		287.6
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		1.5

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.



**Figura 4.-** Interacción híbrido x densidad para el peso de 1000 granos (g).

## Rendimiento (kg)

El ADEVA (ver Tabla 10 del Anexo) revela diferencias estadísticas para densidades de siembra e híbridos, en relación con el rendimiento. El Tropi 101 rindió más que Somma, mientras que la densidad de siembra más productiva corresponde a 62500 y 416666 pl/ha.

**Tabla 13:** Promedio de rendimiento por parcela útil (Kg) en función de Híbridos y densidades.

Tratamientos		Promedio (Kg/PU)	
Híbridos	H1: Somma	6,08	b
	H2: Tropi 101	6,25	a
Densidades de siembra	D1: 83333	5,53	b
	D2: 55555	5,33	b
	D3: 62500	6,99	a
	D4: 41666	6,80	a
Promedio		6,16	
Coeficiente de variación (%)		2,96	

\* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

**PU**= Parcela útil.

## Análisis económico

La mayor relación B/C se alcanzó con 83333 pl/ha para ambos híbridos. Igual afirmación es aplicable al índice de rentabilidad. Por cada dólar invertido con la mayor densidad de siembra el productor recuperó dicho dólar más \$0,16 de retorno con el híbrido Somma, y solo \$0,12 con Tropi 101 a pesar de que este rindió mucho mejor. Sin embargo, la brecha de rentabilidad entre la densidad más alta y la densidad más baja fue similar para ambos híbridos, pero con mayor precisión especificando así, Somma con rentabilidad de 16,35% con la mayor densidad y menos rendimiento en Kg/ha que Tropi 101 que obtuvo una rentabilidad de 12,74%.

El híbrido Somma a una alta densidad parece ser un sistema que reeditúa más por cada dólar invertido en siembra de maíz, aunque la siembra fue algo tardía (junio 2018) realizada al inicio de la época seca en la zona de Quevedo.

**Tabla 14:** Análisis económico de la producción de maíz por hectárea en función de los híbridos de maíz Somma y Tropi 1 y cuatro densidades de plantas/ hectárea.

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento kg/ha</b>	<b>Ingreso Bruto \$</b>	<b>Costo total \$</b>	<b>Utilidad Neta \$</b>	<b>Relación B/C</b>	<b>Rentabilidad %</b>
Somma (83333) pl ha <sup>-1</sup>	3844,11	1345,44	1156,32	189,12	1,16	16,35
Somma (55555) pl ha <sup>-1</sup>	3651,20	1277,92	1140,54	137,38	1,12	12,05
Somma (62500) pl ha <sup>-1</sup>	3679,91	1287,97	1145,40	142,57	1,12	12,45
Somma (41666) pl ha <sup>-1</sup>	3581,54	1253,54	1136,45	117,09	1,10	10,30
Tropi 101 (83333) pl ha <sup>-1</sup>	3925,83	1374,04	1218,77	155,27	1,13	12,74
Tropi 101 (55555) pl ha <sup>-1</sup>	3856,24	1349,68	1206,69	143,00	1,12	11,85
Tropi 101 (62500) pl ha <sup>-1</sup>	3743,22	1310,13	1207,30	102,83	1,09	8,52
Tropi 101 (41666) pl ha <sup>-1</sup>	3649,42	1277,30	1198,48	78,81	1,07	6,58

**Precio de Venta (Kg): \$ 0.35 Kg**

**Costo de cosecha y transporte (Kg): \$ 0.03 Kg**

\*Se refiere al costo del tratamiento más el costo de la cosecha y transporte del rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>.

## 4.2. Discusión

Ambos híbridos presentan igual tasa de crecimiento y desarrollo fenológico. La ausencia de diferencia estadística para la altura de planta y coincidencia del tiempo en que el Tropi 101 y Somma tardaron en llegar a la floración respalda esta información. Sin embargo, las diferencias genéticas entre híbridos si se expresaron con claras diferencias a favor del Tropi 101 para la longitud, diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca. Este resultado concuerda con lo reportado por (INTEROC, 2015).

Las interacciones híbrido x densidad confirman la marcada influencia que el número de plantas por hectárea ejerce sobre los componentes del rendimiento en general, en el presente caso sobre la longitud, diámetro y número de hileras por mazorca, coincidiendo con lo expresado con varios autores (Ramos, Castañeda, & Escobedo, 2010).

Con seguridad esta influencia se vio magnificada por la creciente escasez de agua disponible en el suelo, a medida que el ciclo del cultivo avanzaba, ya que el estudio se realizó en la época seca, sin riego complementario, para aprovechar solamente el agua almacenada al final del periodo lluvioso 2018, una práctica frecuente entre los productores maiceros de la zona de Quevedo. Varios reportes subrayan esta influencia, así como el desplome drástico del rendimiento cuando la escasez de humedad en el suelo es crítica en los días previos y durante la floración. Aunque no es posible controlar la humedad del suelo, excepto en condiciones de riego, sí se puede conocer bajo qué condiciones (fecha de siembra, densidades, tipo de semilla, etc.) se obtiene el máximo rendimiento. Durante períodos de viento, alta radiación solar y alta temperatura más agua es extraída por evaporación de la superficie del suelo y por transpiración de las hojas; en presencia de estas condiciones en época seca se retrasan las fases fenológicas afectando el rendimiento (Fassio et al, 1998).

Las Figuras que muestran los valores de Kc y humedad del suelo en el Anexo ayudan a comprender el efecto de este decrecimiento de humedad sobre el rendimiento. En el presente estudio la insuficiencia de humedad recortó el rendimiento en todos los tratamientos, pero aquellos con menos densidad fueron más afectados, posiblemente porque se produjo más evaporación de agua directamente del suelo.

Con densidades más altas el volumen de agua transpirada por la planta al parecer fue

mayor lo que explicaría los rendimientos más altos con estas densidades; este último resultado condujo al mejor desempeño económico de ambos híbridos con un mayor número de plantas/ha. El mejor desempeño productivo y económico del Tropi 101 puede tener soporte en esta explicación. Según Sánchez et al (2011) el uso de altas densidades de siembra en maíz se traduce en un mejor uso del terreno que al combinarse con un área foliar grande, incrementa el rendimiento del cultivo por unidad de superficie. La radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a 700 nm, al llegar al follaje, es mejor aprovechada por el cultivo , más aun en plantas C4 como el maíz (Chavez, 1998).

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- El número de días a la floración masculina o femenina fue similar para ambos híbridos y densidades de pl/ha. Aunque ambos híbridos sí difirieron en longitud de mazorca y diámetro de mazorca, hileras por mazorca y rendimiento, lo que pudo ser causa de la variación de humedad por cada densidad como en el caso de 83333 Pl/ha quien reflejó mejor desarrollo y mínima variación en sus etapas fenológicas.
- La humedad remanente del suelo fue usada más eficientemente por ambos híbridos en la más alta densidad de (83333) plantas por hectárea, condición que se reflejó positivamente en el rendimiento del híbrido Tropi 101 con 3925,83 Kg/ha.
- A pesar de que el híbrido Tropi 101 obtuvo el mejor rendimiento en Kg/ha con 3925,83 el híbrido Somma fue quien, con la densidad de siembra más alta, obtuvo un rendimiento de 3844,11 Kg/ha. Quién llegó al mejor resultado fue la combinación con el mejor desempeño económico y una relación B/C igual a 1.16.

## **5.2. Recomendaciones**

- La siembra de los híbridos de maíz con altas densidades y espaciamientos cortos (0,60 m) entre hileras es la mejor opción para producir maíz en la época seca sin riego, pero esta ventaja debe confirmarse con parcelas semi-comerciales.
- Es necesario estudiar el efecto de Híbridos y Densidades, ambos con siembras más tempranas en relación con el final de la época lluviosa.
- Se sugiere estudiar posibles problemas (mecánicos, manuales, control de malezas, control de plagas, etc.) que pueden surgir por la siembra de maíz con espaciamientos muy cortos entre hileras.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, M., & Sarauz, S. (s.f.). Determinantes del rendimiento del cultivo de maíz duro seco. Quito Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca.
- Barcena, C., & Cozzi, M. (2016). Efecto del pastoreo de diferido de maíz sobre características físicas del suelo en lotes de siembra directa. Argentina : Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Área de Consolidación, Sistemas de Producción Pecuarios.
- Barreto, H., Raab, R., Violic, A. D., & Tasistro, A. (1989). Labranza de consevación en maíz . El Batán: Cimmyt - Prociandino.
- Beltrán, V. H. (2015). "Evaluación de dos distancias de siembra y tres niveles de fertilización con N,P,K, en el cultivo de maíz ((Zea mays L.)". . Riobamba Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Bonilla, R. A. (2012). Evaluación del cultivo de maíz (Zea Mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe - Ecuador. Cayambe: Universidad Politécnica salesiana sede Quito.
- Bravo, C., Lozano, Z., Hernández, R., Piñango, L., & Moreno, B. (2004). Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. Caracas, Venezuela: Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez" (UNESR).
- Cedeño. (2010). Evaluación del comportamiento agronómico de los maíces híbridos DK 70-88, Dk-1596, sometidos a tres distanciamientos de siembra en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos. Zapotal: UTB.
- Chavez, I. V. (1998). Fertirrigación en el cultivo del manzano (Malus pumila L.) de alta densidad con sistema de riego por goteo. . Buenavista, Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- CIMMYT. (2004). Enfermedades del maíz; una guía para su identificación en el campo. México: CIMMYT.
- Coronel, G. S. (2013). Dinámica del agua en Suka Kollus bajo condiciones de drenaje superficial y subsuperficial, en la estacion experimental de Kallutaca - Laja. La Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés .

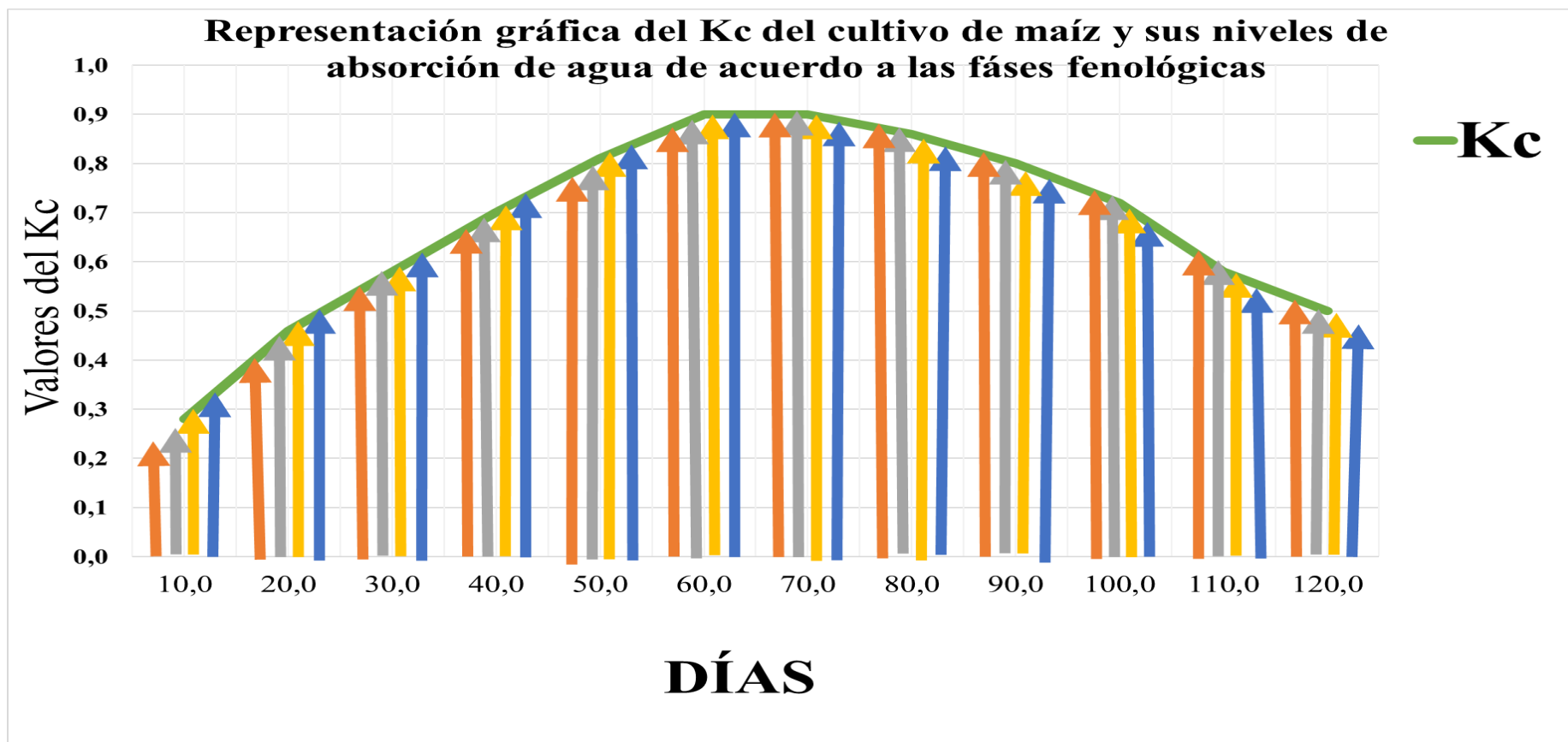
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas su producción, conservación y almacenamiento. La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- DuPont. (2015). Maíz, crecimiento y desarrollo . En S. Endicott, B. Brueland, R. Keith, R. Schon, C. Bremer, D. Farnham, . . . P. Carter, Híbridos de maíz (pág. 20). Estados Unidos: DuPont Pioneer.
- Espinosa, A., Sierra, M., & Gómez, N. (2003). Producción de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. Ajuela, Costa Rica: Universidad de costa Rica.
- Fassio, A., Carriquiry, A., Tojo, C., & Romero, R. (1998). Maíz, aspectos sobre fenología. Montevideo, Uruguay: INIA.
- Fernández, F. R. (2011). Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación del herbicida accent (nicosulfuron) en el cultivo de maíz (zea mays l) en presencia de dos niveles de fertilización en la zona de Babahoyo Provincia de los Ríos. Babahoyo: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO.
- Flores, H. D. (1996). Guía técnica el cultivo de maíz. Salvador: MAG.
- Gamiño, J. D. (2009). Adaptación de genotipos de maíz tropical de ciclo tardío en riego normal y deficitario. TORREÓN, MÉXICO: UNIDAD LAGUNA.
- García, F. (2016). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Acasuso Argentina: Impofos/ppi/ppic.
- Gliessman, S. (2002). Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba Costa Rica: CATIE.
- Granados, G., Lafitte, H. R., & Violic, A. D. (2001). EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS; Mejoramiento y producción. En ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma.
- Grande, C., & Orozco, B. (2012). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. Cali Autónoma del Estado de México: Universidad de San Buenaventura.
- Guampel, J. F. (2012). Plagas y enfermedades de los cultivos de papa, maíz y alfalfa en el área de influencia del canal de riego Ambato - Huachi - Pelileo. Ambato Ecuador: Universidad Técnica de Ambato .
- Interoc. (2015). Tropi 101. Ecuador: Interoc S.A.

- MAG. (1991). Maíz, *Zea mays* L. En Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. . San José, Costa Rica: Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. .
- Oñate, G. A., & Maldonado, C. X. (2015). Oñate, A. G., & Maldonado, C. X. (2015). “Evaluación de Arreglos Espaciales y Densidades Poblacionales en Híbridos de Maíz Comercial en Zonas de Bosque Tropical Seco durante la Época LLuviosa”. Guayaquil Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Guayas.
- Punina, R. Z. (2015). Evaluación del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) con dos niveles de zeolita y dos niveles de úrea en la Finca Paraiso Escondido, Cantón Pangua Provincia de Cotopaxi, año 2013. La Maná Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ramos, A. P., Castañeda, F. G., & Escobedo, F. J. (2010). Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. Ciencias Agrícolas, Texcoco, 52.
- Rodríguez, V. (2011). Manual de plagas y enfermedades en maíz. Guanajuato: Sagarpa.
- Sánchez, M. Á., Aguilar, C. U., Valenzuela, N., Sánchez, C., Jiménez, M. C., & Villanueva, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. San Pedro : Agronomía Mesoamericana.
- Serna, G. L. (2011). Edafología 1. Colombia: Universidad de Caldas.
- Siminis. (2017). Cosecha de maíz dulce; calidad y seguridad. Los Condes, Santiago - Chile: Siminis.
- Syngenta. (2018). Somma Semilla híbrida de maíz amarillo . San Borondón Ecuador: Syngenta.
- Vivar, F. M., & Medina, I. (2008). Efecto de la corrección del pH en el rendimiento de la piña en la zona de valle hermoso, Snato Domingo de los Tsachilas y Quevedo, Ecuador. Quevedo: Congreso Ecuatoriano de las Ciencias del Suelo.

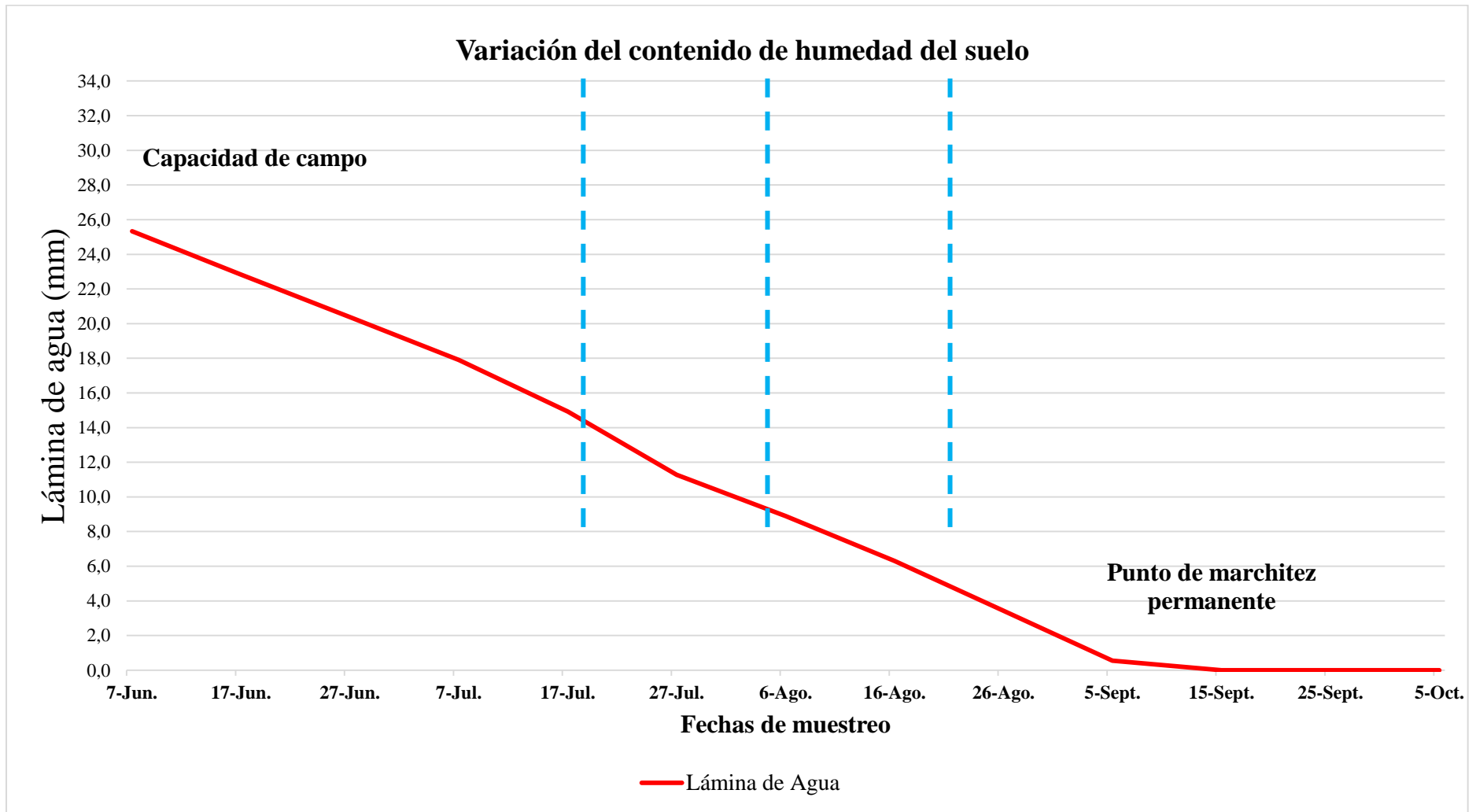
**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## 7.1. Anexos

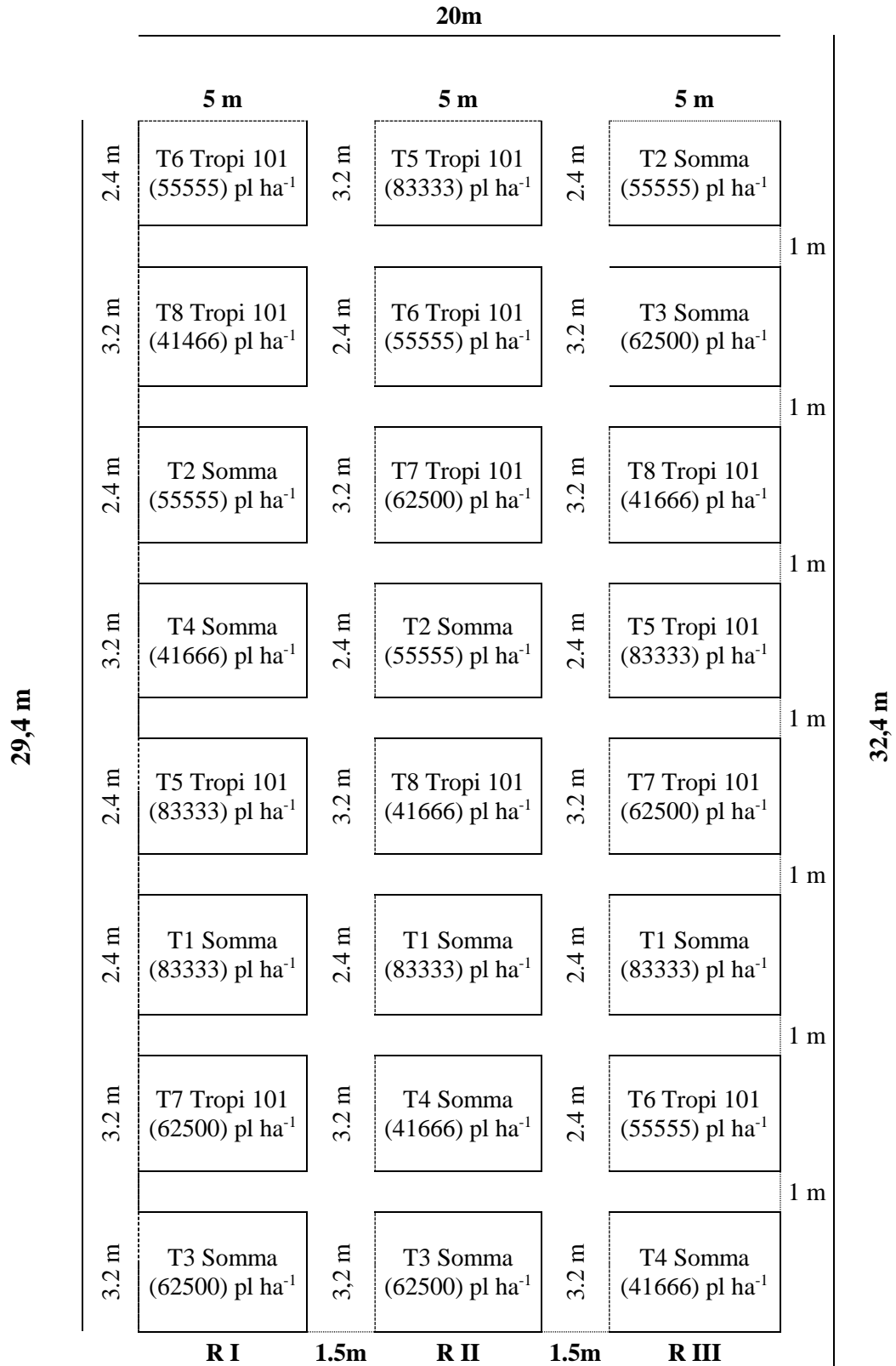
**Figura 5.-** En el gráfico actual se registran las fases fenológicas del cultivo de maíz mediante la curva del Kc del cultivo.

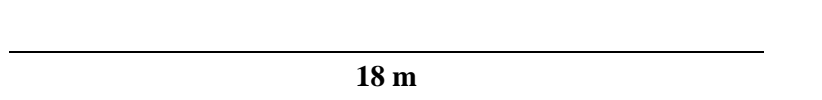


**Figura 6.-** Variación de la humedad de suelo en (%), tomados en frecuencias de 10 días durante el ciclo del cultivo.



**Anexo 1:** Diseño experimental BCA con arreglo factorial. Distribución de las parcelas.





**Anexo 2:** Análisis de varianza de altura a los 35 días en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Repeticiones	2	0,01	0,01	0,56	0,5809	NS
Híbridos	1	0,03	0,03	3,17	0,0969	NS
Densidades	3	0,06	0,02	1,98	0,1633	NS
Interacción	3	0,02	0,01	0,49	0,6976	NS
Error	14	0,15	0,01			
Total	23	0,28				
<b>Coefficiente de variación</b>					10,11	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 3:** Análisis de varianza en días a la floración masculina en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Repeticiones	2	2,33	1,17	1,40	0,2791	NS
Híbridos	1	0,38	0,38	0,45	0,5133	NS
Densidades	3	1,46	0,49	0,58	0,6357	NS
Interacción	3	1,13	0,38	0,45	0,7213	NS
Error	14	11,67	0,83			
Total	23	16,96				
<b>Coefficiente de variación</b>					1,50	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 4:** Análisis de varianza en días a la floración femenina en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Repeticiones	2	1,00	0,50	1,11	0,3584	NS
Híbridos	1	0,17	0,17	0,37	0,5536	NS
Densidades	3	2,83	0,94	2,09	0,1479	NS
Interacción	3	2,17	0,72	1,60	0,2349	NS
Error	14	6,33	0,45			
Total	23	12,50				
<b>Coefficiente de variación</b>					1,06	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 5:** Análisis de varianza de longitud mazorcas a la cosecha en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Repeticiones	2	1,74	0,87	2,21	0,1468	NS
Híbridos	1	4,84	4,84	12,31	0,0035	**
Densidades	3	3,67	1,22	3,11	0,0606	NS
Interacción	3	2,18	0,73	3,85	0,0001	*
Error	14	5,51	0,39			
Total	23	17,94				
<b>Coefficiente de variación</b>					4,34	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 6:** Análisis de varianza de diámetro de mazorca en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Repeticiones	2	0,02	0,01	1,40	0,2785	NS
Híbridos	1	1,42	1,42	164,44	0,0001	**
Densidades	3	0,09	0,03	3,61	0,0404	*
Interacción	3	0,02	0,01	3,61	0,0001	*
Error	14	0,12	0,01			
Total	23	1,67				
<b>Coefficiente de variación</b>					1,81	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 7:** Análisis de varianza del número de hileras por mazorca en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Repeticiones	2	2,09	1,04	5,95	0,0135	*
Híbridos	1	7,82	7,82	44,61	0,0001	**
Densidades	3	0,65	0,22	1,24	0,3309	NS
Interacción	3	0,89	0,30	3,70	0,0001	*
Error	14	2,45	0,18			
Total	23	13,91				
<b>Coefficiente de variación</b>					2,42	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 8:** Análisis de varianza en peso de 1000 granos, en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calc	p-valor	
Repeticiones	2	15,24	7,62	0,39	0,6848	NS
Híbridos	1	30,15	30,15	1,54	0,2351	NS
Densidades	3	382,52	127,51	6,51	0,0055	**
Interacción	3	44,46	14,82	3,76	0,0001	*
Error	14	274,20	19,59			
Total	23	746,59				
<b>Coefficiente de variación</b>					1,54	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 9:** Análisis de varianza del rendimiento por parcela útil en el estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz, sembrados en la época seca.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calc	p-valor	
Repeticiones	2	0,34	0,17	5,09	0,0139	*
Híbridos	1	0,18	0,18	5,25	0,0298	*
Densidades	3	13,03	4,34	130,19	0,0049	**
Interacción	3	0,03	0,01	0,08	0,6202	NS
Error	14	0,47	0,03			
Total	23	14,05				
<b>Coefficiente de variación</b>					2,96	

\*\* ;Altamente significativo, \* ; Significativo, NS; No significativo

**Anexo 10:** Registro de las diferentes etapas fenológicas con referencia al Kc del cultivo de maíz.

Densidades	Etapas vegetativas					Etapas reproductivas						
	Em erg	Pri hoj	Seg hoj	Tec hoj	Ené hoj	Aparic panoj	Apar estig	Blíster ampo	Gran lecho	Gran past	Gran dent	Gran madur
	VE	V1	V2	V3	V(n)	VT	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<b>Kc</b>	0,28	0,46	0,58	0,70	0,81	0,90	0,90	0,86	0,80	0,72	0,58	0,50
<b>83333</b>	2,5	3,6	4,9	6,4	23,2	31,0	32,2	34,0	35,2	37,3	46,7	57,8
<b>55555</b>	4,0	5,8	8,2	10,7	45,3	61,0	64,0	66,7	68,8	74,2	93,0	117,5
<b>62500</b>	4,5	6,6	8,6	11,7	45,8	60,5	63,2	66,7	69,5	73,5	93,5	117,5
<b>41666</b>	4,8	6,2	8,2	10,8	45,7	61,3	64,0	67,1	68,8	73,6	93,0	115,0

**Anexo 11:** Registros de humedad en (%) del suelo durante el ciclo del cultivo con frecuencias de cada 10 días, en base a las densidades estudiadas.

		FRECUENCIA EN PORCENTAJE DE DÍAS EN TOMA DE DATOS												
DÍAS		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
FECHAS		7 de junio	17 de junio	27 de junio	7 de julio	17 de julio	27 de julio	6 de agosto	16 de agosto	26 de agosto	5 de sept	15 de sept	25 de sept	5 de oct
<b>DENSIDADES</b>	<b>T1: 83333</b>	28,8	28,4	28,0	27,7	27,5	27,0	26,7	26,3	25,7	25,0	24,4	23,9	23,5
	<b>T2: 55555</b>	28,9	28,0	27,5	27,1	26,7	26,5	26,3	25,7	25,1	24,5	23,7	23,0	22,6
	<b>T3: 62500</b>	28,8	27,7	27,2	26,4	25,5	24,9	24,4	23,8	23,5	23,0	22,4	21,8	21,3
	<b>T4: 41666</b>	28,9	27,5	26,9	26,3	25,8	25,4	24,8	24,1	23,4	22,8	22,4	21,8	21,5

**Anexo 12:** Preparación de terreno



**Anexo 13:** Delimitación de terreno y parcelas de ensayo en campo



**Anexo 14: Siembra de parcela experimental**



**Anexo 15: Fertilización a los 15 días después de la siembra**



**Anexo 16: Altura de planta a los 35 días**



**Anexo 17: Control de cogollero**



**Anexo 18: Toma de datos a la floración masculina**



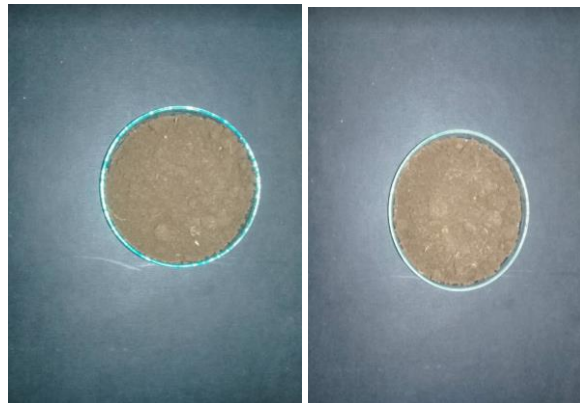
**Anexo 19: Floración femenina**



**Anexo 20:** Maíz en su etapa de maduración pastosa



**Anexo 21:** Peso de muestra en suelos



**Anexo 22:** Medición de longitud de mazorca



**Anexo 23:** Diámetro de mazorca



**Anexo 24:** Realización de calicata.



**Anexo 25:** Medición del perfil de suelo.

