



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

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

Título del Proyecto de Investigación

“Evaluación del nivel de severidad de las enfermedades foliares más comunes en cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Mocache”

Autor:

Jasmany Catalino Carpio Salazar

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M.Sc.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jasmany Catalino Carpio Salazar**, 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.

Jasmany Catalino Carpio Salazar
Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M.Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Jasmany Catalino Carpio Salazar**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación del nivel de severidad de las enfermedades foliares más comunes en cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Mocache**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M.Sc.
Director del Proyecto de Investigación

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

El suscrito **Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M.Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado **“Evaluación del nivel de severidad de las enfermedades foliares más comunes en cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Mocache”**, perteneciente al estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Jasmany Catalino Carpio Salazar**, **CERTIFICA:** el cumplimiento de los parámetros establecidos por la SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 4 %.



Document Information

Analyzed document	Proyecto de investigacio Carpio.docx (D166776155)
Submitted	2023-05-12 19:18:00
Submitted by	
Submitter email	llerenaramos@uteq.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	llerenaramos.uteq@analysis.urkund.com

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M.Sc.
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Evaluación del nivel de severidad de las enfermedades foliares más comunes en cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Mocache”

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

Aprobado por:

Ing. Ramiro Gaibor Fernández, M. Sc.
Presidente del Tribunal

Ing. Moisés Menacé Almea, M. Sc.
Miembro del Tribunal

Ing. Favio Herrera Eguez, PhD
Miembro del Tribunal

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber permitido llegar a lograr una más de mis metas personales y profesionales.

A mi madre y mi padre (+) por su constante apoyo en cada etapa de mi vida, y aunque mi padre ya no esté en este plano terrenal, me dejó muchas enseñanzas de vida.

A mis hermanos y demás familia por sus voces de aliento antes las dificultades que hayan surgido en mi vida.

A mis amigos y demás personas que han contribuido con un granito de arena para poder alcanzar esta meta propuesta.

Al Ing. Luis Llerena Ramos, M.Sc., por sus constantes sugerencias y lineamientos en la ejecución de esta investigación y redacción del documento final.

A los miembros del Tribunal de Sustentación por sus respectivas recomendaciones en miras de la presentación de un mejor documento que contribuya significativamente al desarrollo del sector maicero.

A los demás docentes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por sus conocimientos impartidos.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por darme la oportunidad de estudiar en ella y así poder llegar a alcanzar esta meta importante en mi vida.

Jasmany Catalino Carpio Salazar

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a Dios por darme fortaleza en seguir adelante.

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, sé que sin ellos no hubiera hecho realidad esta meta.

A mis hermanos por ser ese punto de apoyo ante mis dudas y momento difíciles en los que más he necesitado de una voz de aliento.

Jasmany Catalino Carpio Salazar

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el nivel de severidad de las enfermedades foliares en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache. El ensayo se desarrolló en el Campus Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos. Se evaluaron cinco híbridos de maíz: T1: ADV-9789; T2: ADV-9139; T3: Esplendor; T4: Emblema y T5: Triunfo, bajo un diseño de bloques completos al azar en cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos pusieron en evidencia que el híbrido Triunfo mostró incidencia más baja de las enfermedades foliares evaluadas, con valores que oscilaron entre 15.25 (*Puccinia sorghi*) y 17.00 % (*Spiroplasma kunkelii* y *Physoderma maydis*), mientras que la severidad de las mismas fluctuó de 7.55 (*Puccinia sorghi*) a 8.16 % (*Spiroplasma kunkelii*). Advanta 9789 fue el híbrido que se destacó entre los materiales de siembra evaluados, ya que produjo mayor nivel de rendimiento (8213.64 kg), a consecuencia de la producción de mazorcas de mayor longitud, que a su vez aportaron a la obtención de mayor peso neto del grano por cada mazorca cosechada. Finalmente, la rentabilidad de los híbridos osciló entre el 28.26 y 50.95%, siendo el más rentable ADV-9789, y aunque el híbrido Triunfo tuvo costo variable más bajo que los demás híbridos, su rendimiento es el más bajo, ingreso neto y rentabilidad son significativamente más bajos que los de los otros híbridos.

Palabras clave: fitosanidad, híbridos, maíz, rendimiento, rentabilidad.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the level of severity of foliar diseases in five maize hybrids in the Mocache area. The trial was carried out at the "La María" Campus of the Quevedo State Technical University, located at km 7.5 of the Quevedo - El Empalme road, Los Ríos province. Five maize hybrids were evaluated: T1: ADV-9789; T2: ADV-9139; T3: Splendor; T4: Emblem and T5: Triumph, under a randomized complete block design in four repetitions. The results obtained showed that the Triunfo hybrid showed a lower incidence of the evaluated foliar diseases, with values that ranged between 15.25 (*Puccinia sorghi*) and 17.00 % (*Spiroplasma kunkelii* and *Physoderma maydis*), while their severity fluctuated from 7.55 (*Puccinia sorghi*) to 8.16% (*Spiroplasma kunkelii*). Advanta 9789 was the hybrid that stood out among the planting materials evaluated, since it produced a higher level of yield (8213.64 kg), as a result of the production of longer ears, which in turn contributed to obtaining a greater net weight. of grain for each ear harvested. Finally, the profitability of the hybrids ranged between 28.26 and 50.95%, being the most profitable ADV-9789, and although the Triunfo hybrid had a lower variable cost than the other hybrids, its performance is the lowest, net income and profitability are significantly lower than those of the other hybrids.

Keywords: plant health, hybrids, corn, yield, profitability.

TABLA DE CONTENIDOS

Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos	ii
Certificación de culminación del Proyecto de Investigación	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación	v
Agradecimientos	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
Tabla de contenidos	x
Código Dublín	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico	4
Formulación del problema.....	5
Sistematización del problema.....	5
1.2. Justificación.....	6
1.3. Objetivos	7
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	7
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	7
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. <i>Enfermedades foliares</i>	9
2.1.2. <i>Fitopatógeno</i>	9
2.1.3. <i>Híbrido de maíz</i>	9
2.1.4. <i>Incidencia</i>	10
2.1.5. <i>Patógeno</i>	10
2.1.6. <i>Rendimiento agrícola</i>	10
2.1.7. <i>Rentabilidad económica</i>	11
2.1.8. <i>Severidad</i>	11

2.2. Marco referencial	11
2.2.1. <i>Cultivo de maíz</i>	11
2.2.1.1. Importancia del maíz a nivel mundial.	14
2.2.1.2. Importancia del maíz en Ecuador.	15
2.2.2. <i>Importancia de los híbridos de maíz</i>	16
2.2.3. <i>Impacto de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz</i>	17
2.2.4. <i>Principales enfermedades foliares en maíz</i>	19
2.2.4.1. Cinta roja (<i>Spiroplasma kunkelii</i>).....	19
2.2.4.2. Curvularia (<i>Curvularia lunata</i>).	20
2.2.4.3. Tizón de la hoja (<i>Helminthosporium maydis</i>).	20
2.2.4.4. Fisoderma (<i>Physoderma maydis</i>).	21
2.2.4.5. Mancha de asfalto (<i>Phyllachora maydis</i>).	21
2.2.4.6. Roya común (<i>Puccinia sorghi</i>).....	22
2.2.5. <i>Resistencia a enfermedades</i>	22
2.2.6. <i>Evaluación de enfermedades foliares en maíz</i>	24
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.1. Localización de la investigación	27
3.2. Tipo de investigación	27
3.3. Métodos de investigación.....	27
3.4. Fuentes de recopilación de la información.....	28
3.5. Diseño de la investigación	28
3.5.1. <i>Factor en estudio</i>	28
3.5.2. <i>Tratamientos estudiados</i>	28
3.5.3. <i>Diseño experimental</i>	29
3.6. Instrumentos de investigación.....	29
3.6.1. Manejo del experimento	29
3.6.1.1. Preparación del terreno.....	29
3.6.1.2. Siembra.....	29
3.6.1.3. Control de malezas.	29
3.6.1.4. Fertilización.....	30
3.6.1.5. Control fitosanitario.	30
3.6.1.6. Cosecha.	30
3.6.2. <i>VARIABLES EVALUADAS</i>	31
3.6.2.1. Incidencia de enfermedades.	31

3.6.2.2. Nivel de daño.....	31
3.6.2.3. Severidad.....	32
3.6.2.4. Longitud de mazorca (cm).	32
3.6.2.5. Diámetro de mazorca (cm).	32
3.6.2.6. Peso bruto de la mazorca (g).	32
3.6.2.7. Peso neto de la mazorca (g).....	33
3.6.2.8. Rendimiento (kg ha ⁻¹).....	33
3.6.2.9. Análisis económico.	33
3.7. Tratamiento de los datos	34
3.8. Recursos humanos y materiales	34
3.8.1. <i>Recursos humanos</i>	34
3.8.2. <i>Recursos materiales</i>	34
3.8.2.1. Materiales de oficina.	34
3.8.2.2. Materiales de campo.....	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. Resultados	37
4.1.1. <i>Incidencia (%)</i>	37
4.1.2. <i>Severidad (%)</i>	38
4.1.3. <i>Longitud y diámetro de la mazorca (cm)</i>	39
4.1.4. <i>Peso bruto y neto de la mazorca (g)</i>	40
4.1.5. <i>Rendimiento</i>	40
4.1.6. <i>Análisis económico</i>	41
4.2. Discusión.....	42
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. Conclusiones	46
5.2. Recomendaciones.....	47
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	48
6.1. Referencias bibliográficas.....	49
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características edafoclimáticas del sitio experimental	27
Tabla 2. Descripción del análisis de varianza utilizado en el ensayo	29
Tabla 3. Escala devaluación de enfermedades foliares del cultivo de maíz consideradas en el estudio.	31
Tabla 4. Análisis económico del rendimiento de cinco híbridos de maíz en función de sus respectivos costos de producción.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Escala de evaluación de enfermedades foliares	32
Figura 2	Incidencia de las enfermedades foliares identificadas en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache	37
Figura 3	Severidad de las enfermedades foliares identificadas en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache	38
Figura 4	Longitud y diámetro de la mazorca de cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache	39
Figura 5	Peso bruto y neto de la mazorca de cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache.....	40
Figura 6	Rendimiento por hectárea (kg) de cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A.	Distribución de los tratamientos y bloques en el sitio experimental	56
Anexo B.	Distribución de las hileras y plantas dentro de cada unidad experimental	56
Anexo C.	Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey de la incidencia de las enfermedades foliares en estudio	57
Anexo D.	Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey de la severidad de las enfermedades foliares en estudio	58
Anexo E.	Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey de los indicadores de rendimiento de los híbridos en estudio	59
Anexo F.	Delimitación del sitio experimental.....	60
Anexo G.	Fertilización del cultivo de maíz.....	60
Anexo H.	Cultivo de maíz a los 30 días después de la siembra.....	61
Anexo I.	Cultivo de maíz a los 75 días después de la siembra	61
Anexo J.	Cultivo de maíz en etapa próxima a la cosecha.....	62
Anexo K.	Mazorcas cosechadas por unidad experimental.....	62
Anexo L.	Evaluación del diámetro de la mazorca	63
Anexo M.	Evaluación de los indicadores de rendimiento.	63

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Evaluación del nivel de severidad de las enfermedades foliares más comunes en cinco híbridos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en la zona de Mocache.
Autor:	Jasmany Catalino Carpio Salazar
Palabras clave:	Fitosanidad, híbridos, maíz, rendimiento, rentabilidad.
Fecha de publicación	
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Resumen:	<p>La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el nivel de severidad de las enfermedades foliares en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache. El ensayo se desarrolló en el Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos. Se evaluaron cinco híbridos de maíz: T1: ADV-9789; T2: ADV-9139; T3: Esplendor; T4: Emblema y T5: Triunfo, bajo un diseño de bloques completos al azar en cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos pusieron en evidencia que el híbrido Triunfo mostró incidencia más baja de las enfermedades foliares evaluadas (...)</p> <p>The objective of this investigation was to evaluate the level of severity of foliar diseases in five maize hybrids in the Mocache area. The trial was carried out at the "La María" Campus of the Quevedo State Technical University, located at km 7.5 of the Quevedo - El Empalme road, Los Ríos province. Five maize hybrids were evaluated: T1: ADV-9789; T2: ADV-9139; T3: Splendor; T4: Emblem and T5: Triumph, under a randomized complete block design in four repetitions. The results obtained showed that the Triunfo hybrid showed a lower incidence of the evaluated foliar diseases (...)</p>
Descripción:	81 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162
Url	

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.), pertenece a la familia de las gramíneas. El maíz amarillo duro (tipo cristalino) que se produce en Ecuador es de excelente calidad tanto para la elaboración de alimentos balanceados para las industrias avícola y también para consumo humano; debido a su elevado contenido de fibra, carbohidratos, caroteno y el alto nivel de rendimiento en la molienda, así como por sus precios, siendo de gran aceptación en países fronterizos (1).

Al igual que otros cultivos de importancia económica, el maíz se ve afectado por una amplia gama de enfermedades foliares que pueden reducir significativamente el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo. El desarrollo de estas enfermedades ha seguido una estrecha relación de acuerdo a cómo ha evolucionado el sistema productivo de este cultivo. De esta forma, modificaciones en el sistema de producción que se realizan procurando obtener estabilidad y aumento de la productividad, son también, causantes de las variaciones registradas en las enfermedades (2).

Algunas de las prácticas agronómicas que han pasado por modificaciones y que tienen mayor influencia en el desarrollo de las enfermedades son: i) adopción generalizada de la siembra directa, ii) utilización en las rotaciones altas proporciones de maíz, iii) aumento de la adopción de materiales templados (más sensibles a enfermedades) por sobre tropicales o cruza en algunas regiones del país (García *et al.*, 2008), iv) generación de “puentes verdes” por la ampliación de zonas y fechas en las que se siembra el cultivo, v) utilización de materiales no seleccionados genéticamente para zonas específicas, vi) escaso uso de fertilización en maíces de fechas tardías, vii) baja adopción del monitoreo en el cultivo y viii) gran adopción de las fechas de siembras tardías en la mayoría de las zonas productoras del país (3).

Siendo, una de las principales preocupaciones para la agricultura las enfermedades foliares, y a su vez constituyen uno de los problemas más comunes que enfrentan los agricultores de maíz en la zona de Quevedo y pueden tener un impacto significativo en la producción y calidad de los cultivos (4). La evaluación de la severidad de estas enfermedades es crucial para tomar decisiones informadas sobre el manejo y control de las mismas. En este contexto, la evaluación precisa de la severidad de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz se

ha convertido en un área de gran importancia para los agricultores y especialistas en el campo de la agricultura (5).

Ante la amplia oferta de híbridos de maíz, se observado que estos presentan una respuesta diferente tanto en términos de producción, así como en aspectos fitosanitarios, principalmente, debido a que presentan diferente grado de resistencia al ataque de enfermedades, siendo uno de los factores importantes al momento de su selección. La elección adecuada de un material de siembra más resistente determinará menor inversión en fungicidas, y a la vez presentará una mayor adaptabilidad a las condiciones fitosanitarias en las que se desarrolle.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En el mercado, existe una amplia oferta no sólo de agroquímicos, sino también de materiales de siembra, cada uno con sus correspondientes características. Sin embargo, ciertos materiales de siembra son más resistentes o más susceptibles al taque de entomopatógenos, Por lo que necesitarían más controles fitosanitarios, a fin de salvaguardar la sanidad del cultivo.

La identificación de híbridos de maíz, que sean resistentes al taque de enfermedades foliares es necesaria para el desarrollo del sector maicero. Considerando que las enfermedades foliares son cada vez más comunes dentro de los sistemas de producción de maíz, se hace preponderante la ejecución de una investigación enfocada en la identificación de las principales enfermedades foliares, así como su incidencia y severidad del daño en el cultivo de maíz.

En los últimos años las empresas comercializadoras de semillas han desarrollado híbridos de maíz que son reportados como altamente productivos, sin embargo, en muchos casos no han sido evaluados adecuadamente para conocer su verdadero potencial productivo, así como su adaptabilidad a diferentes zonas a fin de obtener un mayor beneficio productivo y económico para los agricultores.

Diagnóstico

Existe una la necesidad de realizar una investigación sobre la resistencia de diferentes híbridos de maíz a las enfermedades foliares, con el objetivo de identificar y seleccionar los más resistentes y adaptados a diferentes zonas, a fin de mejorar la producción y reducir los costos de control fitosanitario. La evaluación adecuada de los híbridos de maíz para conocer su verdadero potencial productivo y adaptabilidad a diferentes zonas, ayuda a proporcionar información precisa y útil a los agricultores.

Pronóstico

Con la identificación de los híbridos de maíz más resistentes y adaptados, se podrían reducir los costos de control fitosanitario y mejorar la producción, lo que tendría un impacto positivo

en el sector maicero y en la economía de los agricultores. Además, la investigación sobre la incidencia y severidad de enfermedades foliares en el cultivo de maíz, permitiría desarrollar estrategias de control más eficaces y específicas, reduciendo así el impacto de las enfermedades en la producción.

Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de severidad de las enfermedades foliares en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache?

Sistematización del problema

¿Cuál es el nivel de incidencia y severidad de las enfermedades foliares más comunes en los híbridos de maíz en el área de estudio?

¿Cuál es el híbrido de maíz que presenta mayor potencial de rendimiento de grano en el área de estudio?

¿Cuál de los híbridos de maíz en estudio permite obtener mayor beneficio económico en función de sus respectivos costos de producción?

1.2. Justificación

Teniendo en consideración que la provincia de Los Ríos tiene una considerable extensión dedicada al cultivo de maíz, la presente investigación se justifica mediante la posible selección de híbridos de maíz, que presentan una mayor resistencia al ataque de enfermedades foliares.

Los resultados de esta investigación apuntan a proveer información real y actualizada sobre los niveles de daños ocasionados por enfermedades foliares en híbridos de maíz más comunes del área de influencia del cantón Mocache. Esto servirá de guía para los productores y técnicos del cultivo de maíz para la toma de decisiones en cuanto a la ejecución de controles fitosanitarios en los híbridos en estudio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el nivel de severidad de las enfermedades foliares en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el nivel de incidencia y severidad de las enfermedades foliares más comunes en los híbridos de maíz en el área de estudio.

Identificar el híbrido de maíz con mayor potencial de rendimiento de grano en el área de estudio.

Establecer el híbrido de maíz que permita obtener mayor beneficio económico en función de sus respectivos costos de producción.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Enfermedades foliares

Según Mariscal-Amaro *et al.* (6), una enfermedad foliar es cualquier alteración en la apariencia o la función de las hojas de una planta causada por un patógeno o un factor ambiental adverso. Además, esta definición destaca la importancia de la apariencia y la función de las hojas como indicadores de la salud de la planta y su capacidad para realizar la fotosíntesis y producir alimentos. En cualquier caso, la identificación temprana y el manejo adecuado de las enfermedades foliares son fundamentales para prevenir la propagación de la enfermedad y proteger la productividad de las plantas (7).

2.1.2. Fitopatógeno

Un fitopatógeno es considerado como un organismo biológico, como un hongo, bacteria, virus, nematodo u otro agente, que tiene la capacidad de causar enfermedades en las plantas. Los fitopatógenos pueden afectar diferentes partes de la planta, como las hojas, los tallos, las raíces o los frutos, y pueden provocar síntomas como manchas, deformaciones, pudriciones o necrosis en la planta (8). Estos organismos pueden ser transmitidos a las plantas a través del aire, el agua, el suelo, o por insectos y otros vectores. La presencia de fitopatógenos en los cultivos puede provocar importantes pérdidas económicas en la producción agrícola, por lo que su control es fundamental para mantener la salud y productividad de las plantas (9).

2.1.3. Híbrido de maíz

Un híbrido de maíz es una planta resultante del cruce entre dos variedades diferentes de maíz, con el objetivo de aprovechar las características deseables de ambas variedades en una sola planta (10). Los híbridos de maíz son muy comunes en la agricultura moderna, ya que pueden ser desarrollados para ser más resistentes a las enfermedades, tener un mejor rendimiento, mayor calidad nutricional, entre otras características deseables. Los híbridos de maíz pueden ser beneficiosos para la agricultura, ya que pueden ayudar a mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos, lo que a su vez puede aumentar la producción de alimentos (11).

2.1.4. Incidencia

La incidencia de una enfermedad es considerada como la proporción de individuos o plantas en una población que desarrollan la enfermedad durante un período específico de tiempo. Es decir, se refiere al número de casos nuevos de la enfermedad que se presentan en una población en un momento dado. La incidencia puede ser expresada como un porcentaje o como una tasa, dependiendo de la forma en que se desee medir (12).

Es un indicador importante de la propagación de una enfermedad en una población de plantas y se utiliza comúnmente para evaluar la efectividad de los programas de control de enfermedades. Un alto nivel de incidencia puede ser una señal de que se requieren medidas de control adicionales para prevenir la propagación de la enfermedad en toda la población de plantas. Por lo tanto, el monitoreo regular de la incidencia de enfermedades en plantas es esencial para la gestión adecuada de los cultivos y para la prevención de pérdidas significativas en la producción (13).

2.1.5. Patógeno

En el contexto de la agricultura, un patógeno es cualquier microorganismo, como bacterias, virus, hongos, nematodos, entre otros, que puede infectar plantas y causar enfermedades en los cultivos. Estos patógenos pueden atacar diferentes partes de la planta, como las hojas, tallos, raíces y frutos, lo que puede resultar en pérdidas significativas en la producción de cultivos (13). Los patógenos en la agricultura son un problema importante que afecta a la seguridad alimentaria y la economía de los agricultores, ya que pueden provocar la reducción de la calidad y cantidad de los productos agrícolas (8). La prevención y el control de los patógenos en la agricultura son esenciales para la producción agrícola sostenible y para garantizar la seguridad alimentaria global (14).

2.1.6. Rendimiento agrícola

El rendimiento agrícola se refiere a la cantidad de productos agrícolas, como cereales, frutas, hortalizas, entre otros, obtenidos por unidad de superficie cultivada en una temporada determinada (15). Se mide comúnmente en términos de peso o volumen por hectárea. El rendimiento agrícola es un indicador clave de la productividad agrícola y está influenciado

por una serie de factores, como el tipo de cultivo, la calidad de la semilla, el clima, la calidad del suelo, la gestión del agua y los insumos agrícolas utilizados, entre otros (16).

2.1.7. Rentabilidad económica

La rentabilidad económica es la medida de la eficiencia de los recursos invertidos en una actividad económica para producir beneficios económicos. Se refiere a la capacidad de un negocio, inversión o proyecto para generar beneficios netos después de deducir todos los costos y gastos necesarios para su operación (17). La rentabilidad económica se puede medir a través de indicadores financieros, como el retorno sobre la inversión, la tasa de rentabilidad o el margen de beneficio. Una rentabilidad económica saludable es esencial para la viabilidad financiera y el éxito empresarial sostenible, y se puede mejorar a través de la optimización de la eficiencia operativa, la reducción de costos, el aumento de los ingresos y la gestión adecuada de los recursos (18).

2.1.8. Severidad

La severidad de una enfermedad en plantas se refiere a la cantidad y el grado de daño causado por el patógeno en una población de plantas. Es un indicador importante del impacto de una enfermedad en la salud y el rendimiento de las plantas. La severidad de una enfermedad se mide generalmente en términos de porcentaje de la población afectada, grado de daño y/o pérdida de rendimiento (19). La severidad puede variar según la especie de planta, el tipo de patógeno, las condiciones ambientales y la resistencia genética de las plantas. Una alta severidad puede resultar en una disminución significativa en la producción de cultivos y la calidad de las cosechas, lo que puede tener graves consecuencias económicas para los productores agrícolas (20).

Marco referencial

2.1.9. Cultivo de maíz

El maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica, desde donde se difundió hacia todo el continente. No hay un acuerdo sobre cuándo se empezó a domesticar el maíz, pero los indígenas mexicanos dicen que esta planta

representa, para ellos, diez mil años de cultura (21). Su historia inicia en el continente americano hace aproximadamente 9,000 años, a través de grupos de recolectores y cazadores en los relieves montañosos del sur del altiplano Central y norte del Balsas Central entre Teloloapan, Arcelia y Valle de Bravo, a una altitud de entre 900 y 1,400 msnm (22). Al principio se consumían las cañas jóvenes del teosinte a través de la masticación o fermentación para obtener su azúcar (23). Posteriormente, una alteración genética ocurrida entre los 7,000 y 8,000 años, permitió el ablandamiento del gluten externo, el aplanado de la cúpula y la inclinación del grano en el olote, que al quedar desnudo facilitó su emoción, cosecha y finalmente el consumo humano de la semilla (15).

En el nuevo mundo es considerado el principal cereal domesticado y fue la base alimenticia de las civilizaciones Maya, Azteca e Inca. Las teorías genéticas sobre el origen del maíz son muy diversas, pero parece bastante claro que se originó como planta cultivada en algún lugar de América Central. Es bien conocida la importancia del cultivo del maíz, tanto para el consumo humano en sus diversas formas como para su utilización forrajera. Su amplia capacidad de adaptación, su elevado rendimiento y las posibilidades futuras de mejoras por vía genética, hacen de este material uno de los cultivos más prometedores para afrontar la amenaza de hambre en el mundo (24).

El maíz es una planta anual que pertenece a la familia Poaceae. Es una planta alta y erguida que puede alcanzar alturas de hasta tres metros. Tiene un tallo fuerte y robusto que puede soportar el peso de las mazorcas de maíz. Las hojas del maíz son largas y estrechas, y se extienden desde el tallo principal de la planta. Las hojas tienen una textura áspera y están dispuestas de manera alterna en el tallo (2). Este cultivo produce flores masculinas y femeninas en la misma planta. Las flores masculinas se encuentran en la parte superior de la planta y producen el polen, mientras que las flores femeninas se encuentran más abajo en la planta y son las que producen las mazorcas de maíz (15).

Las mazorcas de maíz están cubiertas por una capa de hojas gruesas y fibrosas conocidas como la hoja de la mazorca. Las mazorcas de maíz son el resultado de la fertilización de las flores femeninas con el polen de las flores masculinas (23). Cada mazorca de maíz tiene un cierto número de hileras de granos de maíz, que pueden variar en número dependiendo de la variedad de maíz. Los granos de maíz son de forma ovalada y tienen una textura dura y

suave. El color de los granos de maíz puede variar desde amarillo pálido hasta rojo oscuro, dependiendo de la variedad de maíz (11).

El maíz es un cultivo que necesita suelos estructurados, fértiles y profundos que permitan el desarrollo de las raíces, que eviten los encharcamientos siendo al mismo tiempo capaces de almacenar agua, y que permitan un aprovechamiento óptimo de los nutrientes (25). Es una planta propia de tierra caliente y húmeda pero las condiciones óptimas para los cultivos del maíz son temperaturas mayores de 20 grados y lluvias de 600 a 1000 milímetros por año. Hay variedades de maíz que se pueden adaptar fácilmente al ambiente (26). La mejor producción responde a los efectos de la luz solar intensa y prolongada para su mejor y más rápido desarrollo (27).

En cuanto la temperatura optima es de 25 a 30°C. Contando con un adecuado suministro de agua, temperaturas menores de 10°C retardan o inhiben la germinación y temperaturas superiores a los 40°C, afectan a la polinización, sobre todo en regiones de alta humedad relativa (28). El maíz es un cultivo exigente en agua donde las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo; cuando la semilla germina se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante (29).

En la fase del crecimiento vegetativo es cuando se requiere una mayor cantidad de agua, siendo la fase de floración el periodo más crítico porque de ella depende el desarrollo, la polinización y el llenado de los granos influyendo así en el rendimiento de granos de las plantas (30). Se adapta muy bien a todo tipo de suelo. Una característica fisiológica particular del maíz que favorece su adaptación a zonas tropicales en donde en ocasiones la evapotranspiración es alta, es la estructura anatómica de sus hojas, en ellas existen dos tipos de células (epidérmicas y estomáticas) con diferente organización bioquímica y estructural (31), que durante el proceso fotosintético les permite fijar el CO₂ en diferentes compuestos intermediarios que contienen cuatro átomos de carbono, con un gasto menor de energía y menor pérdida de agua en la evapotranspiración, por esta característica se les denomina plantas C4 (32).

2.1.9.1. Importancia del maíz a nivel mundial.

El maíz es utilizado como alimento básico para millones de personas en todo el mundo, y también se utiliza como fuente de alimento para el ganado y otros animales. Además, el maíz es utilizado como materia prima en la producción de una amplia variedad de productos, incluyendo biocombustibles, productos químicos, plásticos y medicamentos (33). Es cultivado en todo el mundo, pero algunos de los mayores productores de maíz incluyen Estados Unidos, China, Brasil, México, India y Argentina. Estos países representan una gran parte de la producción mundial de maíz y desempeñan un papel importante en el mercado global del maíz (34).

Este cultivo desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria global, especialmente en países en desarrollo donde el maíz es un alimento básico para millones de personas. La producción y distribución efectiva de maíz es crucial para garantizar que las personas tengan acceso a alimentos nutritivos y a precios asequibles (35). Además, el maíz es un cultivo importante para la economía global, ya que su producción y venta genera empleo y riqueza en muchos países. La producción de maíz también puede tener un impacto significativo en la salud del suelo y la biodiversidad, lo que hace que el cultivo sostenible de maíz sea cada vez más importante (1).

La producción de maíz es especialmente importante en países en desarrollo donde el maíz es un alimento básico para millones de personas. La producción y distribución efectiva de maíz es crucial para garantizar que las personas tengan acceso a alimentos nutritivos y a precios asequibles. El maíz es una fuente importante de carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales esenciales (22). Otro factor importante a considerar en el contexto mundial del maíz es su impacto ambiental. La producción de maíz puede tener un impacto significativo en la salud del suelo, la biodiversidad y la calidad del agua. Es importante implementar prácticas de cultivo sostenibles para minimizar este impacto y garantizar la producción a largo plazo de maíz (28).

2.1.9.2. Importancia del maíz en Ecuador.

El Ecuador es conocido por tener los más altos niveles de agrobiodiversidad de maíz por unidad de área en el mundo (36), aunque no es el centro de origen del maíz, sí es el tercer país en cuanto a diversidad de cultivo (37). Los tipos más primitivos fueron los maíces tipo reventón como los canguiles, actualmente este cultivar está en peligro de desaparecer ya que no es apetecible para el consumo general y solo los campesinos siguen manteniéndola para autoconsumo como harina (38).

Las empresas agrícolas, presionan que en el país debe implementarse mejoras en la investigación, a fin de buscar nuevas alternativas para elevar los rendimientos de maíz que necesita el agricultor, haciéndolos más competitivos, dando excelente calidad y bajando los costos de producción (39). En el Ecuador existe gran variedad de razas de maíz que se adaptan a diferentes altitudes, tipos de suelo y ecosistemas. Se presentan oficialmente alrededor de 25 razas de maíz ecuatoriano. El 18% de las colecciones de maíz provienen del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y Ecuador se ubica en el tercer lugar con una diversidad importante de maíces (33).

El cultivo maíz es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional. Para el año 2021, según datos de la ESPAC, en Ecuador se sembraron un total de 373 587 hectáreas de maíz, de las cuáles se cosecharon 366 138 hectáreas. El 87.16% de la superficie sembrada se concentra en la región Costa, 7.14% en la región Sierra y el 5.70% restante en la región Amazónica. En dicho año, la producción total de maíz duro seco en el país ascendió a 1 699 370 toneladas, de las cuáles la provincia de Los Ríos, produjo el 46.02%. Esta provincia posee 151 556 hectáreas produciendo maíz, con un rendimiento promedio de 5.16 t ha⁻¹ (40).

El maíz es un cultivo de gran importancia en Ecuador, tanto desde el punto de vista económico como cultural. Se utiliza para diversos fines, entre los que destacan:

- **Alimentación:** El maíz es un alimento básico en la dieta de los ecuatorianos. Se utiliza para preparar platos típicos como la chicha, el mote, las humitas, los tamales, entre otros (33).

- **Producción de forraje:** El maíz es una importante fuente de forraje para la alimentación del ganado vacuno y porcino (25).
- **Industria alimentaria:** El maíz se utiliza como materia prima en la producción de alimentos procesados como harina de maíz, aceite de maíz, cereales para el desayuno, snacks, entre otros (38).
- **Industria textil:** El maíz también se utiliza como materia prima para la producción de telas y tejidos (4).
- **Producción de biocombustibles:** El maíz también se utiliza para la producción de biocombustibles como el etanol (29).

2.1.10. Importancia de los híbridos de maíz

La importancia de los híbridos de maíz radica en su capacidad para aumentar la producción y mejorar la calidad del maíz cultivado, lo que tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria y la economía de muchos países (41). Los híbridos de maíz tienen una mayor uniformidad en su tamaño y forma, lo que facilita la cosecha y reduce las pérdidas en el campo. También tienen una mayor resistencia a enfermedades y plagas, lo que reduce la necesidad de pesticidas y herbicidas costosos (42).

Los híbridos de maíz tienen una mayor capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y de suelo, lo que los convierte en una opción viable para los agricultores en regiones con condiciones climáticas variables (35). En general, los híbridos de maíz han sido un factor clave en el aumento de la producción de maíz en todo el mundo, lo que ha ayudado a satisfacer la creciente demanda de alimentos y a mejorar la seguridad alimentaria en muchos países (34).

Además de mejorar la seguridad alimentaria y la economía, los híbridos de maíz también han tenido un impacto positivo en la preservación del medio ambiente. Debido a su resistencia a enfermedades y plagas, se ha reducido el uso de pesticidas y herbicidas, lo que a su vez ha reducido la contaminación del suelo y del agua (29).

Otra ventaja de los híbridos de maíz es que tienen un mayor contenido de nutrientes en comparación con las variedades de maíz no híbridas. Esto se debe a que se seleccionan cuidadosamente las líneas parentales que se cruzan para obtener el híbrido, lo que permite seleccionar aquellas que tienen un mayor contenido de nutrientes. Como resultado, los híbridos de maíz tienen un mayor valor nutricional y pueden ser una fuente importante de nutrientes esenciales, como proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales (43).

Sin embargo, es importante destacar que la producción de híbridos de maíz también puede tener algunos desafíos. Por ejemplo, la dependencia de los agricultores de las semillas de híbridos puede aumentar los costos de producción y limitar la diversidad genética en el campo. Por esta razón, es importante que los agricultores tengan acceso a una amplia variedad de semillas de maíz, incluyendo variedades híbridas y no híbridas, para promover la diversidad genética y garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo (44).

Otro aspecto importante a considerar es que los híbridos de maíz pueden ser personalizados para las necesidades específicas de los agricultores. Los agricultores pueden elegir híbridos de maíz que se adapten a su región, sus prácticas agrícolas y las demandas del mercado local. Esto puede incluir la elección de híbridos de maíz que produzcan mazorcas de mayor tamaño o que tengan características específicas, como un mayor contenido de almidón o un menor contenido de azúcar (29).

En cuanto a la investigación y el desarrollo, los híbridos de maíz también son una fuente de innovación continua. Los investigadores pueden trabajar para mejorar la resistencia a enfermedades y plagas, así como para aumentar el valor nutricional y la calidad de la cosecha. Además, la investigación en la genética de los híbridos de maíz puede tener aplicaciones en otros cultivos, lo que podría tener un impacto positivo en la seguridad alimentaria y la economía global (30).

2.1.11. Impacto de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz

El impacto de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz puede ser devastador. La reducción en la fotosíntesis debido a la pérdida de hojas y la disminución en la producción de almidón y azúcares puede afectar significativamente el rendimiento y la calidad de la

cosecha. Además, la disminución de la calidad de la cosecha puede afectar la rentabilidad de los agricultores y la disponibilidad de maíz para la alimentación animal y humana (26).

Las enfermedades foliares del maíz también pueden ser una amenaza para la seguridad alimentaria. Si una enfermedad afecta significativamente la producción de maíz, esto puede tener un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos y el precio de los alimentos a nivel local y global. Además, la disminución de la producción de maíz puede afectar la economía de las regiones que dependen del cultivo de maíz como fuente de ingresos (29).

Para prevenir y controlar las enfermedades foliares en el cultivo de maíz, los agricultores deben implementar prácticas de manejo integrado de plagas, que incluyen la rotación de cultivos, el uso de variedades resistentes, la eliminación de residuos de cultivos, el control de malezas y la aplicación de fungicidas y pesticidas según sea necesario. Además, la investigación continua en la genética y el manejo de enfermedades del maíz puede ayudar a desarrollar variedades de maíz más resistentes a las enfermedades y prácticas de manejo más efectivas para prevenir y controlar enfermedades foliares (8).

Es importante mencionar que algunas de estas enfermedades foliares son más comunes en ciertas regiones del mundo, dependiendo de las condiciones climáticas y ambientales de la zona. Por ejemplo, la roya del maíz es más común en áreas cálidas y húmedas, mientras que la mancha foliar de *Cercospora* es más común en áreas más secas y cálidas (20).

Además, la prevención y control de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz también puede depender de factores externos, como la disponibilidad de recursos y la capacitación de los agricultores. En muchas regiones del mundo, los agricultores tienen acceso limitado a recursos como fungicidas y pesticidas, lo que puede dificultar la prevención y el control de las enfermedades foliares (43).

Por otro lado, la capacitación y la educación sobre prácticas de manejo integrado de plagas y técnicas de prevención de enfermedades foliares pueden ser muy beneficiosas para los agricultores (35). La educación sobre prácticas de manejo integrado de plagas también puede ayudar a prevenir la resistencia a pesticidas y fungicidas, lo que puede ser un problema importante en la prevención y control de enfermedades foliares en el cultivo de maíz. También es importante tener en cuenta que el cambio climático puede tener un impacto

significativo en la prevalencia y distribución de enfermedades foliares en el cultivo de maíz (1).

El aumento de las temperaturas y la mayor humedad pueden crear condiciones más favorables para el crecimiento y propagación de patógenos, lo que puede aumentar la incidencia de enfermedades foliares. Otro factor que puede contribuir al impacto de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz es la propagación de patógenos a través del comercio internacional de semillas y plantas. La introducción de nuevas variedades de maíz y otros cultivos puede llevar consigo patógenos que no son nativos de la zona, lo que puede aumentar el riesgo de enfermedades foliares en los cultivos (16).

Para reducir el impacto de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz, es importante implementar una combinación de estrategias de prevención y control. Algunas de estas estrategias incluyen la selección de variedades de maíz resistentes a enfermedades, la rotación de cultivos, el control biológico de plagas y la aplicación de fungicidas y pesticidas cuando sea necesario. También es importante monitorear de cerca los cultivos y tomar medidas rápidas si se detecta la presencia de enfermedades foliares para evitar la propagación y minimizar el impacto en la cosecha (14).

2.1.12. Principales enfermedades foliares en maíz

2.1.12.1. Cinta roja (*Spiroplasma kunkelii*).

La cinta roja es una enfermedad del maíz causada por la bacteria *Spiroplasma kunkelii*. Esta enfermedad es transmitida por insectos vectores como la mosca del maíz y chinches, que pueden infectar las plantas durante su alimentación. Los síntomas de la enfermedad incluyen manchas rojas o moradas en las hojas, así como un retraso en el crecimiento y la producción de la planta. La presencia de la enfermedad también puede disminuir la calidad de la mazorca y la cantidad de grano producido (14).

La prevención y el control de la cinta roja del maíz incluyen la eliminación de maleza y restos de cultivos en el área, así como el control de insectos vectores. El uso de variedades de maíz resistentes también puede ayudar a prevenir la propagación de la enfermedad (45). Es importante monitorear regularmente los cultivos de maíz para detectar cualquier síntoma

de la enfermedad, y tomar medidas inmediatas en caso de una infección para evitar su propagación y minimizar los daños en la producción (8).

2.1.12.2. Curvularia (*Curvularia lunata*).

Las infecciones por *Curvularia* pueden ocurrir en cualquier etapa del desarrollo del maíz, desde la germinación hasta la madurez del grano. El patógeno causa manchas foliares y pudrición de mazorcas en el maíz, lo que puede resultar en una reducción significativa del rendimiento (11). Los síntomas de infección por *Curvularia* en el maíz incluyen manchas de color marrón en las hojas, tallos y mazorcas, así como la pudrición de los granos. Las manchas pueden ser de diferentes formas y tamaños, y pueden estar rodeadas por un halo amarillo. La infección puede propagarse a las mazorcas, donde se producen manchas oscuras y depresiones en la superficie de los granos (16).

El manejo de *Curvularia* en el cultivo de maíz incluye prácticas culturales, como la rotación de cultivos y la eliminación de residuos de cultivos infectados. También se pueden aplicar fungicidas para prevenir o controlar la infección. La selección de variedades resistentes también puede ser una estrategia efectiva para reducir la incidencia de la enfermedad (29).
(11)

2.1.12.3. Tizón de la hoja (*Helminthosporium maydis*).

El tizón de la hoja es una enfermedad común del maíz causada por el hongo *Helminthosporium maydis*. Afecta a las hojas de las plantas de maíz y se caracteriza por la presencia de manchas necróticas en forma de diamante en las hojas. Las manchas son inicialmente de color marrón claro, pero con el tiempo se vuelven más oscuras y pueden coalescer para cubrir grandes áreas de la hoja (41). La enfermedad se propaga a través de esporas que son transportadas por el viento y la lluvia. El clima cálido y húmedo favorece su desarrollo y propagación. El tizón de la hoja puede reducir el rendimiento del maíz al afectar la capacidad de las hojas para realizar la fotosíntesis (14).

Para prevenir y controlar el tizón de la hoja en el cultivo de maíz se pueden seguir algunas prácticas culturales, como la rotación de cultivos, la eliminación de residuos de cultivos infectados, la selección de variedades resistentes y el mantenimiento de una buena nutrición

y sanidad de las plantas. En caso de ser necesario, se pueden aplicar fungicidas específicos para controlar la enfermedad, aunque se recomienda consultar con un experto en manejo integrado de plagas antes de tomar cualquier medida (15).

2.1.12.4. Fisoderma (*Physoderma maydis*).

Physoderma maydis infecta principalmente las hojas y, en menor medida, las mazorcas y las brácteas. Esta enfermedad es más común en climas cálidos y húmedos, y puede propagarse rápidamente en condiciones favorables. Los síntomas de la infección por fisoderma incluyen la formación de ampollas y manchas necróticas en las hojas, lo que puede provocar la deformación y el enrollamiento de las hojas. En los casos más graves, la infección también puede afectar las mazorcas, causando la formación de ampollas y la pudrición del grano (12).

Fisoderma se propaga a través de esporas producidas en las ampollas y se transmite por el viento y la lluvia. La prevención de la infección por fisoderma implica principalmente la gestión de la humedad y la implementación de medidas de control cultural, como la rotación de cultivos y la eliminación de plantas infectadas. El tratamiento químico también puede ser efectivo para controlar la infección por fisoderma. Los fungicidas pueden aplicarse a las hojas para prevenir la propagación de la enfermedad, y se recomienda la aplicación temprana de los mismos antes de la propagación de la infección (35).

2.1.12.5. Mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*).

La mancha de asfalto del maíz, también conocida como carbón foliar, es una enfermedad fúngica causada por el hongo *Phyllachora maydis*. Afecta a las hojas de las plantas de maíz y puede disminuir significativamente el rendimiento de la cosecha. Los síntomas de la enfermedad incluyen la aparición de manchas oscuras, redondas y pequeñas en las hojas, que posteriormente se expanden y se vuelven necróticas (46). Las lesiones pueden medir desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros de diámetro. A medida que la enfermedad progresa, las lesiones se unen y cubren grandes áreas de la hoja, lo que puede causar la muerte de la hoja. En casos severos, se puede observar una sustancia negra en la superficie superior de las hojas, que son las estructuras reproductivas del hongo (47).

La enfermedad puede ser favorecida por condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas, que son óptimas para el crecimiento del hongo. La enfermedad puede ser transmitida por semillas infectadas y también por esporas producidas en las lesiones foliares (30). El manejo de la enfermedad implica la implementación de medidas preventivas y culturales. Se recomienda utilizar semillas certificadas y evitar el uso de semillas contaminadas. También se deben implementar prácticas de manejo de cultivos, como la rotación de cultivos y la eliminación de restos de cultivos infectados. En casos severos, se pueden utilizar fungicidas para controlar la enfermedad, aunque se recomienda una evaluación cuidadosa del costo-beneficio de esta estrategia (14).

2.1.12.6. Roya común (*Puccinia sorghi*).

La roya común es una enfermedad fúngica que afecta el cultivo de maíz. Es causada por el hongo *Puccinia sorghi* y se caracteriza por la aparición de pequeñas pústulas anaranjadas en la superficie de las hojas, tallos y espigas de maíz. Estas pústulas contienen esporas del hongo que se diseminan por el viento y pueden infectar a otras plantas (20). Los síntomas iniciales de la enfermedad pueden ser difíciles de detectar, ya que las pústulas son muy pequeñas. Sin embargo, a medida que la enfermedad progresa, las pústulas se agrandan y se vuelven más visibles. Las hojas afectadas pueden amarillear y secarse prematuramente, lo que reduce la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis y producir granos de maíz (41).

La roya común puede reducir significativamente el rendimiento del cultivo de maíz, especialmente si las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de la enfermedad, como alta humedad y temperaturas moderadas (10). El control de la roya común puede incluir el uso de variedades resistentes, la eliminación de residuos de cultivos anteriores, la rotación de cultivos y la aplicación de fungicidas. También es importante monitorear de cerca los campos de maíz para detectar la presencia de la enfermedad y tomar medidas de control tempranas si es necesario (15).

2.1.13. Resistencia a enfermedades

La resistencia a enfermedades es una característica importante que los productores de maíz buscan al elegir híbridos para sus cultivos. Los programas de mejoramiento genético trabajan

en la selección de variedades de maíz resistentes a enfermedades comunes. Al seleccionar un híbrido de maíz resistente a enfermedades, los productores pueden reducir la necesidad de aplicar fungicidas y otros productos químicos, lo que puede ayudar a reducir los costos de producción y disminuir el impacto ambiental (19).

Este tipo de resistencia es un rasgo poligénico, lo que significa que está determinado por varios genes. Los programas de mejoramiento genético utilizan técnicas como la selección masal, la selección asistida por marcadores y la transgénesis para mejorar la resistencia a enfermedades en los híbridos de maíz (29). Algunos híbridos de maíz comúnmente cultivados en la actualidad cuentan con genes de resistencia incorporados, por ejemplo, al tizón de la hoja, al gusano cogollero y al moho de la espiga, lo que los hace menos susceptibles a estas enfermedades. Es importante recordar que, aunque los híbridos resistentes a enfermedades pueden disminuir el riesgo de pérdidas económicas, no son completamente inmunes y pueden todavía ser afectados por enfermedades en ciertas condiciones ambientales (48).

La selección de híbridos de maíz resistentes a enfermedades es una práctica común en la producción agrícola. Para desarrollar variedades resistentes, los criadores utilizan una combinación de métodos tradicionales de mejora genética y técnicas de biotecnología moderna. Una forma de mejorar la resistencia de los híbridos de maíz a enfermedades es seleccionar cepas de plantas que muestren una mayor resistencia natural a ciertas enfermedades. Esta resistencia se puede mejorar aún más a través del cruce selectivo de diferentes cepas de plantas que tienen diferentes niveles de resistencia (43).

Otro método de mejora genética es la introducción de genes de resistencia a enfermedades a través de técnicas de biotecnología como la ingeniería genética. Al identificar y aislar los genes responsables de la resistencia a enfermedades en otras plantas, los criadores pueden introducir estos genes en los híbridos de maíz para mejorar su resistencia a enfermedades específicas (1). Además de seleccionar variedades resistentes a enfermedades específicas, los agricultores también pueden tomar medidas preventivas para reducir el riesgo de enfermedades en sus cultivos. Estas medidas incluyen la rotación de cultivos, el uso de prácticas agrícolas sostenibles y la aplicación de tratamientos fungicidas preventivos (9).

2.1.14. Evaluación de enfermedades foliares en maíz

La evaluación de enfermedades foliares en el cultivo de maíz es esencial para su manejo y control. Las enfermedades foliares pueden afectar significativamente el rendimiento y calidad del cultivo, por lo que es importante detectarlas y tratarlas a tiempo. Este proceso se realiza mediante la observación de los síntomas en las hojas del cultivo, lo que permite determinar el tipo de enfermedad presente y su severidad (22). Es importante realizar esta evaluación de forma regular, especialmente durante las épocas de mayor riesgo de enfermedades, como en la etapa de crecimiento vegetativo y en condiciones de alta humedad (3).

Las enfermedades foliares más comunes en el maíz son la roya, la mancha blanca, la mancha café y la cercospora, entre otras. Estas enfermedades pueden afectar el desarrollo de la planta, reducir su producción y disminuir su calidad, lo que puede tener un impacto negativo en la rentabilidad del cultivo (43). La evaluación de estas enfermedades es importante para determinar la necesidad de aplicar medidas preventivas y/o curativas, como el uso de fungicidas y prácticas culturales adecuadas, como la rotación de cultivos y la eliminación de residuos de cosecha. La evaluación también permite evaluar la eficacia de las medidas tomadas para el control de las enfermedades foliares y ajustar el manejo del cultivo en consecuencia (15).

Esta evaluación es importante también para evitar la propagación de las enfermedades a otras áreas del cultivo o a otros cultivos cercanos. Las enfermedades foliares pueden diseminarse a través de esporas y pueden sobrevivir en los residuos de la cosecha, por lo que es importante tomar medidas preventivas para evitar su propagación. Además, la evaluación de enfermedades foliares en el maíz es importante para mantener la calidad del cultivo. Las enfermedades foliares pueden afectar la calidad del grano, disminuyendo su valor comercial y su utilización en la industria alimentaria (3).

En cuanto a la metodología de la evaluación, existen diferentes métodos, que pueden variar según el tipo de enfermedad y la etapa de crecimiento del cultivo. Algunos de los métodos más comunes incluyen la evaluación visual de los síntomas en las hojas, el uso de herramientas de diagnóstico, como microscopios y kits de prueba, y la evaluación de la resistencia de las plantas a las enfermedades (6). Para realizar una evaluación efectiva de

enfermedades foliares en el maíz, es importante tener conocimientos básicos sobre las diferentes enfermedades que pueden afectar el cultivo (34). Dentro de la literatura científica existen varias investigaciones que han puesto en evidencia la importancia y hallazgos de evaluaciones de enfermedades en diferentes materiales genéticos de maíz, entre las cuales se describen algunas a continuación:

En la investigación realizada por Pazmiño (1), este autor pudo apreciar que se incrementó entre un 14.29 y 20.00% la incidencia de *Curvularia*, de 35.29 a 43.75% la incidencia de *Helminthosporium*, mientras que la incidencia de *Cercospora* se incrementó entre un 6.67 y 23.08% en los híbridos de maíz Tropic 101, DK-7088 y PAC 105.

Por su parte, Villares-Rea (30), en su investigación sobre la adaptabilidad de nuevos híbridos de maíz de alto rendimiento en zonas maiceras del Ecuador, pudo apreciar que los híbridos ADV-248, ADV-407 y ADV-762L6, registraron rendimientos por hectárea entre 9208.37 y 9435.79 kg ha⁻¹, niveles de rentabilidad entre 66 y 70%. Además, esta autora también evidenció que los híbridos ADV-248, ADV-762L6 y ADV-407 presentaron una escala moderadamente sensible para la enfermedad causada por el hongo *Curvularia* spp. (2.71) y resistencia para las enfermedades ocasionadas por los hongos *Helminthosporium* spp. (1.99), *Cercospora* spp. (2.19) y *Phyllachora maydis* (2.03), lo que concuerda con las características descritas por el distribuidor que califica a estos híbridos como tolerantes a *Physoderma* sp., *Cercospora* sp., *Diplodia maydis*., *Marasmiellus* sp., *Rhizoctonia* sp., *Phyllachora maydis*. y *Puccinia sorghi*.

Argüello-Medina (14), en su evaluación de 20 fincas maiceras con superficie inferior a 2 ha en la Joya de los Sachas de la provincia de Orellana, verificó que el género y porcentaje de los principales agentes causales de enfermedades foliares en maíz, evidenciando incidencia de los siguientes géneros: *Exserohilum* (37.1%), *Colletotrichum* (27.8%), *Nigrospora* (8.2%), *Oidiodendron* (2.1%), sin identificación (5.2%), *Fusarium* (4.1%), *Curvularia* (15.5%). El estudio de Mena-Ponce (20), dicha autora reportó niveles de incidencia de 8.25 y 5.25% de *Puccinia sorghi* en los híbridos de maíz INIAP H-551 y Trueno, respectivamente, mientras que para *Helminthosporium* spp., la incidencia fue de 8.00% en el híbrido INIAP H-551 y de 4.75% en el híbrido Trueno. Además, la mencionada autora pudo apreciar niveles de severidad que fluctuaron entre 61 y 80% para *Puccinia sorghi*, y de 81 a 100% para *Helminthosporium* spp. en ambos materiales genéticos estudiados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La investigación se desarrolló en el Campus Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos. La ubicación geográfica es de 1°05'08.7" latitud Sur y 79°29'48.5" longitud Oeste, a una altitud 66 m.s.n.m. En la tabla 1 se presentan las características edafoclimáticas del sitio experimental:

Tabla 1

Características edafoclimáticas del sitio experimental

Parámetros	Descripción
Clima	Tropical húmedo
Temperatura media anual	24.9 °C
Precipitación media anual	2295.1 mm
Humedad relativa media	84.0 %
Horas sol por año	894.0
Topografía	Plana
Textura	Franco – limosa
pH	5.5

Fuente: Estación Meteorológica “Pichilingue” INAMHI, Serie 2000 – 2021 (46).

3.2. Tipo de investigación

Se realizó una investigación de tipo experimental, manejando diferentes tratamientos y se midió su respuesta en términos sanitarios y productivos, mediante la evaluación de diferentes variables de respuesta. Además, tuvo carácter exploratorio, ya que en el área de estudio no existían precedentes de investigaciones similares en el mencionado cultivo.

3.3. Métodos de investigación

Durante el proceso de desarrollo de la investigación, se hizo uso de los siguientes métodos:

Inductivo: Se planteó las diferentes variables de respuesta alineadas a los objetivos de la investigación, lo que permitió establecer resultados.

Deductivo: Este método fue la base para la identificación de la respuesta específica de los híbridos en estudio, en cuanto a parámetros fitosanitarios y productivos.

Analítico: Se aplicó este método para analizar los datos obtenidos en la evaluación de las variables de respuesta para la posterior generación de resultados alineados a los objetivos de la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de la información

En la investigación se obtuvo información de dos tipos de fuentes de información:

Fuentes primarias: La información se obtuvo de la evaluación de las variables de respuesta, que proporcionaron datos de diferentes parámetros agronómicos en respuesta a los tratamientos estudiados.

Fuentes secundarias: Se recopiló toda la información de libros, revistas, artículos de revisión, artículos originales, manuales divulgativos, boletines técnicos, trabajos de titulación y demás fuentes bibliográficas.

3.5. Diseño de la investigación

En este estudio se adoptó un diseño experimental basado en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con el propósito de evaluar la resistencia a enfermedades foliares en diferentes híbridos de maíz.

3.5.1. Factor en estudio

En esta investigación, se examinó un único factor, constituido por los distintos híbridos de maíz y su efecto sobre la resistencia a las enfermedades foliares.

3.5.2. Tratamientos estudiados

Se estudiaron cinco tratamientos, los cuales estaban constituidos por los híbridos de maíz, como se describe a continuación:

T1: ADV-9789

T2: ADV-9139

T3: Esplendor

T4: Emblema

T5: Triunfo

3.5.3. *Diseño experimental*

En el ensayo se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cinco tratamientos en cuatro repeticiones. El esquema del análisis de varianza que se utilizó en el experimento se presentó en la Tabla 2:

Tabla 2

Descripción del análisis de varianza utilizado en el ensayo

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	3
Tratamientos (t – 1)	4
Error (GLT – GLt)	12
Total (r*t – 1)	19

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Preparación del terreno.

Se realizaron dos pases de rastra en ambos sentidos con el fin de dejar el terreno bien mullido y facilitar la germinación de la semilla y el desarrollo radicular.

3.6.1.2. Siembra.

La siembra se realizó de forma manual utilizando "espeques" para hacer los hoyos de aproximadamente 4-5 cm de profundidad, depositando una semilla por sitio.

3.6.1.3. Control de malezas.

El control de malezas en el sitio experimental estuvo sujeto al complejo de malezas y condiciones existentes en el mismo. Al momento de la siembra se aplicó 1.50 L ha⁻¹ de Basta® SL (Glufosinato de amonio: 150 g L⁻¹) + 2 L ha⁻¹ Prowl Top® EC (Pendimethalin:

400 g L⁻¹) + 1 kg ha⁻¹ de Atraprim 90 WG® (Atrazina: 900 g kg⁻¹). El segundo control de malezas se llevó a cabo a los 15 días después de la siembra con 100 g de Equiplus® WG (Foramsulfuron: 300 g L⁻¹). Finalmente, a los 33 días de edad del cultivo, se aplicó de forma dirigida 1.50 L ha⁻¹ de Basta® SL (Glufosinato de amonio: 150 g L⁻¹) + 1 kg ha⁻¹ de Atraprim 90 WG® (Atrazina: 900 g kg⁻¹).

3.6.1.4. Fertilización.

Se realizaron tres fertilizaciones edáficas, siendo la primera a base de 150 kg ha⁻¹ de YaraVera Amidas® (40%N – 14% SO₃) a los 8 días de edad del cultivo. Luego, a los 16 días de edad del cultivo, se aplicaron 150 kg ha⁻¹ de YaraMila Rafos® (12%N - 24% P₂O₅ - 12% K₂O - 2% MgO + 1% S + 0.04% B + 0.02% Zn). La tercera fertilización edáfica se realizó a los 24 días de edad del cultivo, con 75 kg ha⁻¹ de YaraVera Amidas® (40%N – 14% SO₃) + 75 kg ha⁻¹ de YaraMila Rafos® (12%N - 24% P₂O₅ - 12% K₂O - 2% MgO + 1% S + 0.04% B + 0.02% Zn).

Adicionalmente, se realizaron dos fertilizaciones foliares, distribuidas a los 10 y 30 días de edad del cultivo. La primera aplicación se hizo con 0.2 L ha⁻¹ de Biotek®, mientras que para la segunda fertilización foliar se aplicó 1.0 L ha⁻¹ de Bayfolan®.

3.6.1.5. Control fitosanitario.

No se aplicaron fungicidas para poder medir el impacto de las enfermedades foliares en el cultivo. Inmediatamente después de la siembra, se aplicó Clorpilaq® 48 EC en dosis de 1.0 L ha⁻¹. Los restantes controles de insectos plaga se realizaron conjuntamente con la aplicación de los fertilizantes foliares. El segundo control de insectos se hizo con de Apero® 350 SC (Imidacloprid: 350 g L⁻¹) en dosis de 400 cc ha⁻¹, para el tercer control de insectos se aplicó Kuik® 90 SP (Methomyl: 900 g kg⁻¹) en dosis de 0.5 kg ha⁻¹ + 100 cc ha⁻¹ de Premio® 200 SC (Clorantraniliprol: 200 g L⁻¹).

3.6.1.6. Cosecha.

Las mazorcas fueron cosechadas manualmente una vez que el cultivo alcanzó su madurez fisiológica.

3.6.2. Variables evaluadas

3.6.2.1. Incidencia de enfermedades.

Se determinó la incidencia de cada una de las enfermedades foliares realizando un conteo simple del número de plantas enfermas, para establecer el porcentaje aplicando la fórmula utilizada por Castillo-Arévalo & Jiménez-Martínez (49):

$$I(\%) = \frac{NPI}{TPS} \times 100$$

Dónde:

I(%): Incidencia de la enfermedad

NPI: Número de plantas infectadas

TPS: Total de plantas sembradas

3.6.2.2. Nivel de daño.

Se evaluó el nivel de daño de enfermedades foliares, entre las cuales se consideraron: cinta roja (*Spiroplasma kunkelii*), curvularia (*Curvularia lunata*), tizón de la hoja (*Helminthosporium maydis*), fisoderma (*Physoderma maydis*), mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) y roya (*Puccinia sorghi*). La presencia de las enfermedades se registró utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 indica la ausencia de la enfermedad y 5, una infección muy severa. En la Tabla 3 y Figura 1 se muestra la escala de calificación para las principales enfermedades foliares, como los tizones y las royas:

Tabla 3

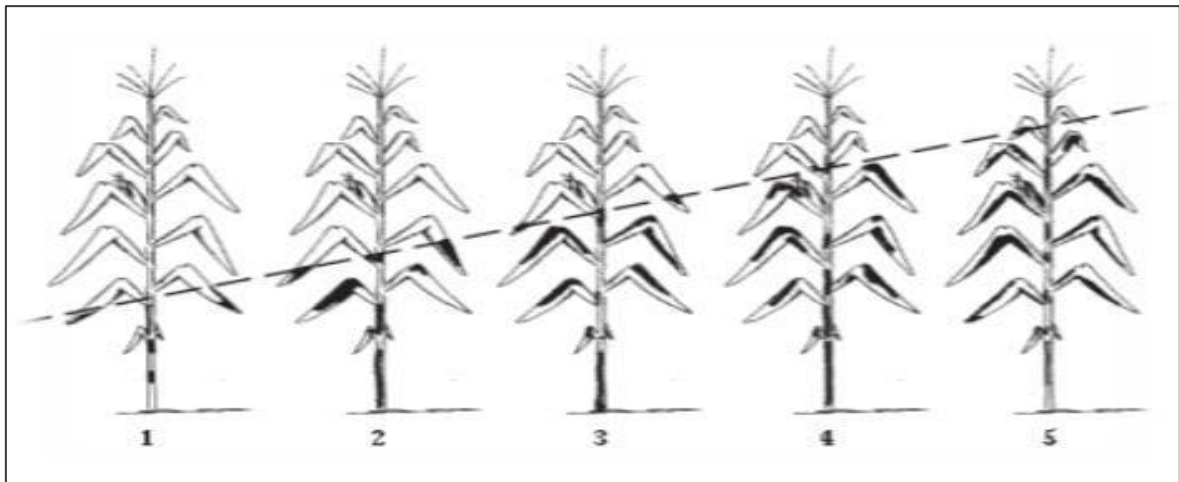
Escala de evaluación de enfermedades foliares de maíz consideradas en el estudio.

Escala	Porcentaje de 0 – 100	Daño
1	0	Ninguno
2	0 – 5	Leve
3	5 – 20	Moderado
4	20 – 50	Severo
5	50 – 100	Muy severo

Fuente: Hernández & Sandoval (47)

Figura 1

Escala de evaluación de enfermedades foliares



Fuente: Pereyda-Hernández *et al.* (50).

3.6.2.3. Severidad.

Para la determinación del porcentaje de severidad se utilizará la fórmula descrita por Arguedas-Gamboa *et al.* (19):

$$\text{IPS} = \frac{\sum(\text{Grado de categoría} \times \text{Frecuencia})}{\text{Total de plantas evaluadas} \times \text{Valor más alto de la escala}} \times 100$$

3.6.2.4. Longitud de mazorca (cm).

Se midieron las mazorcas desde la base hasta el ápice de 10 plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil con una cinta métrica. Posteriormente, se promedió y expresó la magnitud en centímetros.

3.6.2.5. Diámetro de mazorca (cm).

Las 10 mazorcas usadas para la variable anterior, se midieron con un calibrador digital en el tercio medio de éstas, luego se promedió y expresó en centímetros.

3.6.2.6. Peso bruto de la mazorca (g).

Se pesaron 10 mazorcas con tusas tomadas al azar, y posteriormente se determinó el peso promedio expresado en gramos.

3.6.2.7. Peso neto de la mazorca (g).

Los granos extraídos de las mazorcas utilizadas en la evaluación de la variable anterior, se pesaron en una balanza digital, para luego establece el promedio expresado en gramos por mazorca.

3.6.2.8. Rendimiento (kg ha⁻¹).

El rendimiento por hectárea de grano se obtuvo del rendimiento de cada parcela (regla de tres simple) determinando el peso de los granos ajustado al 13% de humedad empleando la siguiente fórmula:

$$Pu = \frac{Pa(100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Dónde:

Pu: peso uniformizado

Pa: peso actual

Ha: humedad actual

Hd: humedad deseada

3.6.2.9. Análisis económico.

El análisis económico se realizó en base al rendimiento y los costos de cada uno de ellos. De los tratamientos en estudio, se determinó la relación beneficio/costo, aplicando la siguiente fórmula:

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

Dónde:

R (B/C): Relación beneficio – costo

IB: Ingreso Bruto

CT: Costo Total

Además, se determinó el porcentaje de rentabilidad obtenido en cada tratamiento utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rentabilidad (\%)} = \frac{\text{IN}}{\text{CTP}} * 100$$

Dónde:

IN: Ingreso neto (\$)

CTP: Costo total de producción (\$)

3.7. Tratamiento de los datos

Las variables de respuesta fueron sometidas al análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de las medias de los tratamientos. La tabulación se realizó en Excel 2016 y el procesamiento estadístico se llevó a cabo en Infostat versión 2019, desarrollado por Di Rienzo *et al.* (51).

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- Estudiante responsable de la investigación
- Docente Tutor del Proyecto de Investigación
- Personal operativo de campo

3.8.2. Recursos materiales

3.8.2.1. Materiales de oficina.

- Borrador
- Calculadora
- Computador
- Esferos
- Impresora
- Memoria USB

- Paquete Infostat versión 2019
- Paquete Office 2019
- Tablero portapapeles
- Teléfono inteligente

3.8.2.2. Materiales de campo.

- Aspersora de mochila
- Balanza digital
- Baldes plásticos
- Calibrador digital
- Cinta métrica
- Espeques de madera
- Estacas de madera
- Flexómetro
- Letreros
- Machete
- Martillo
- Piola plástica
- Rastrillo
- Registro de campo
- Sacos de polipropileno
- Vasos dosificadores

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

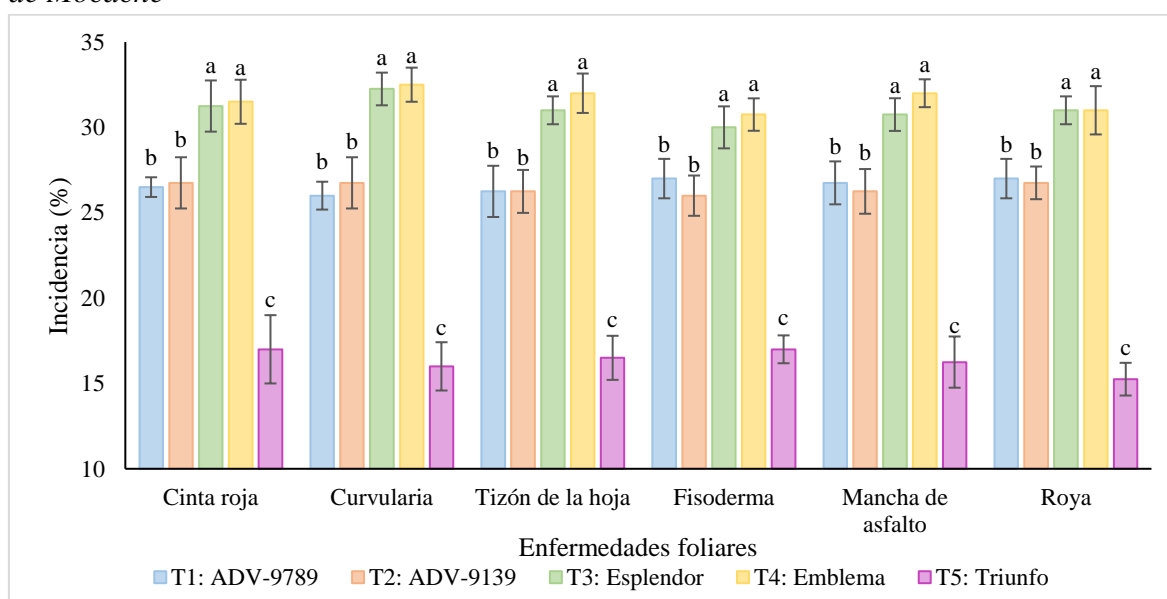
4.1.1. Incidencia (%)

Los datos presentados en la Figura 3, corresponden a la incidencia de las enfermedades foliares en los cinco híbridos de maíz en estudio. El análisis de varianza puso en evidencia que los híbridos en maíz en estudio alcanzaron alta significancia estadísticas para las seis enfermedades en estudio. Los coeficientes de variación fueron: 5.37, 5.04, 3.14, 3.03, 2.97 y 5.44%, para cinta roja, curvularia, tizón de la hoja, fisoderma, mancha de asfalto y roya, respectivamente.

El híbrido T4: Emblema registró niveles de incidencia que fluctuaron entre 30.75 y 32.50%, en ausencia de diferencias significativas con T3: Esplendor que presentó niveles de incidencia entre 30.00 y 32.25%. Estos dos tratamientos superaron estadísticamente a los tres híbridos restantes que presentaron promedios de incidencia entre 17.00 y 26.75% de cinta roja, de 16.00 a 26.75% de curvularia, 16.50 a 26.25% de tizón de la hoja, 17.00 a 27.00% de fisoderma, entre 16.25 y 26.75% de mancha de asfalto, y de 15.25 a 27.00% de roya. Los niveles más bajos de incidencia de enfermedades foliares se tuvieron en T5: Triunfo.

Figura 2

Incidencia de las enfermedades foliares identificadas en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache



Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

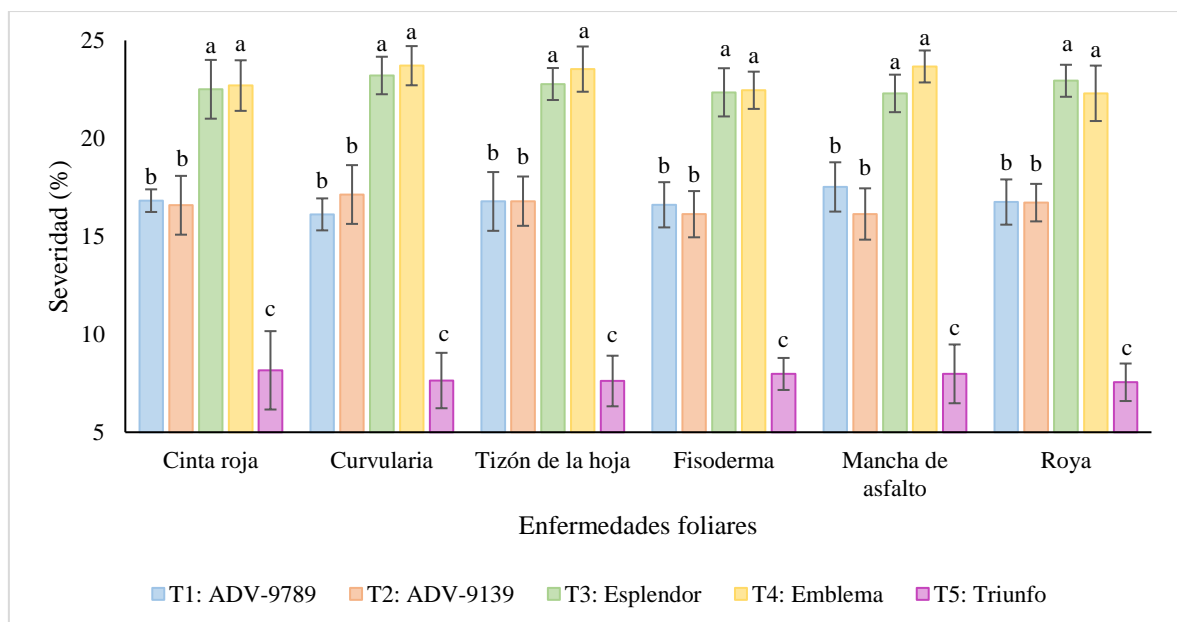
4.1.2. Severidad (%)

En la Figura 4, se presentan los promedios de niveles de severidad (%) de las diferentes enfermedades foliares en estudio en los cinco híbridos de maíz evaluados. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza realizado a estas variables, se pudo apreciar que los híbridos de maíz alcanzaron alta significancia estadística para las seis enfermedades foliares. Se tuvieron coeficientes de variación de 6.52% para cinta roja, 7.12% para curvularia, 2.58% para tizón de la hoja, 5.63% para fisoderma, 4.74% para mancha de asfalto y 7.07% para roya.

Se tuvo mayores niveles de severidad de las enfermedades foliares en estudio en el híbrido Emblema, con valores que oscilaron entre 22.30 y 23.71%, en igualdad estadística con el híbrido Esplendor que registró promedios que fluctuaron entre 22.30 y 23.21%. Estos dos híbridos superaron estadísticamente a los tres híbridos restantes que presentaron valores que oscilaron entre 8.16 y 16.82% para cinta roja, de 7.64 a 17.14% para curvularia, de 7.62 a 16.80% para tizón de la hoja, entre 7.98 y 16.61% para fisoderma, de 7.98 a 17.52% para mancha de asfalto, y de 7.55 a 16.75% para roya. En T5: Triunfo se presentaron los niveles más bajos de severidad de dichas enfermedades, con valores que variaron entre 7.55 y 8.16% de severidad.

Figura 3

Severidad de las enfermedades foliares identificadas en cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache



Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.1.3. Longitud y diámetro de la mazorca (cm)

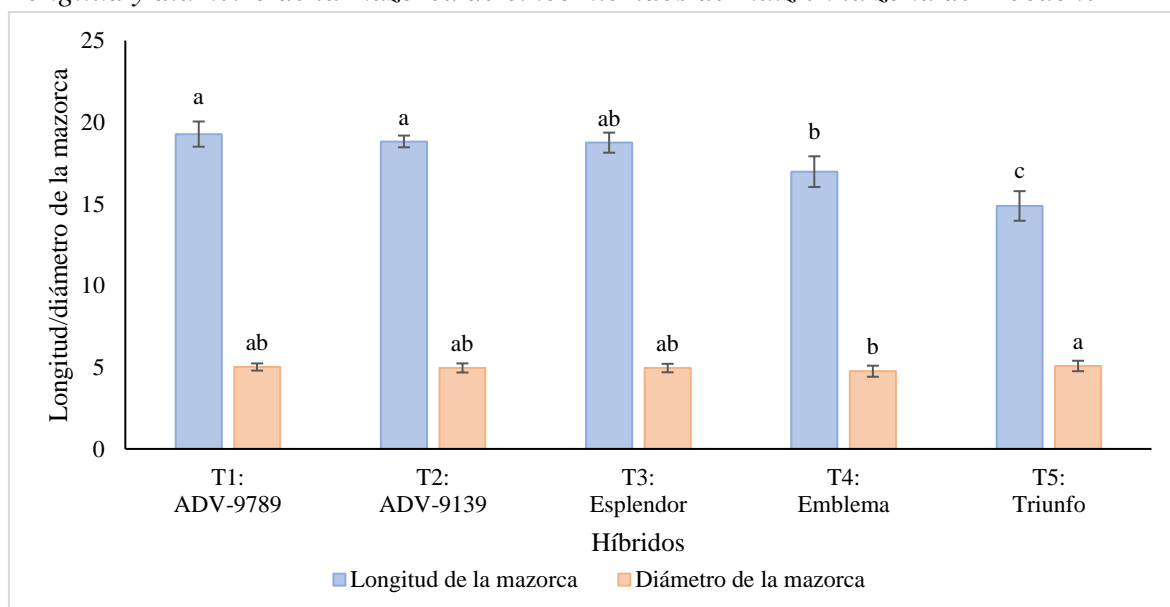
Los promedios de la Figura 5, corresponden a la longitud y diámetro de la mazorca de cinco híbridos de maíz en estudio en la zona de Mocache. Para la longitud de la mazorca, el análisis de varianza determinó que los tratamientos en estudio alcanzaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 4.57%. Por su parte, para el diámetro de la mazorca, de acuerdo al análisis de varianza, los híbridos estudiados presentaron significancia estadística en el nivel 0.05, siendo el coeficiente de variación 2.55%.

En T1: ADV-9789 se registró mayor longitud de la mazorca, con 19.28 cm, sin diferir estadísticamente de T2: ADV-9139 y T3: Esplendor, que registraron promedios de 18.83 y 18.75 cm, respectivamente. Los dos híbridos de mayor promedio mostraron diferencias significativas respecto a T4: Emblema y T5: Triunfo, que presentaron valores de 16.98 y 14.88 cm, respectivamente.

Para el diámetro de la mazorca, con T5: Triunfo se registró mayor promedio, con 5.08 cm, en igualdad estadística con los híbridos restantes a excepción de T4: Emblema, que registraron promedios que variaron entre 4.95 y 5.02 cm. El híbrido Triunfo mostró diferencia significativa respecto a T4: Emblema que presentó menor diámetro de la mazorca, con un promedio de 4.76 cm.

Figura 4

Longitud y diámetro de la mazorca de cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache



Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

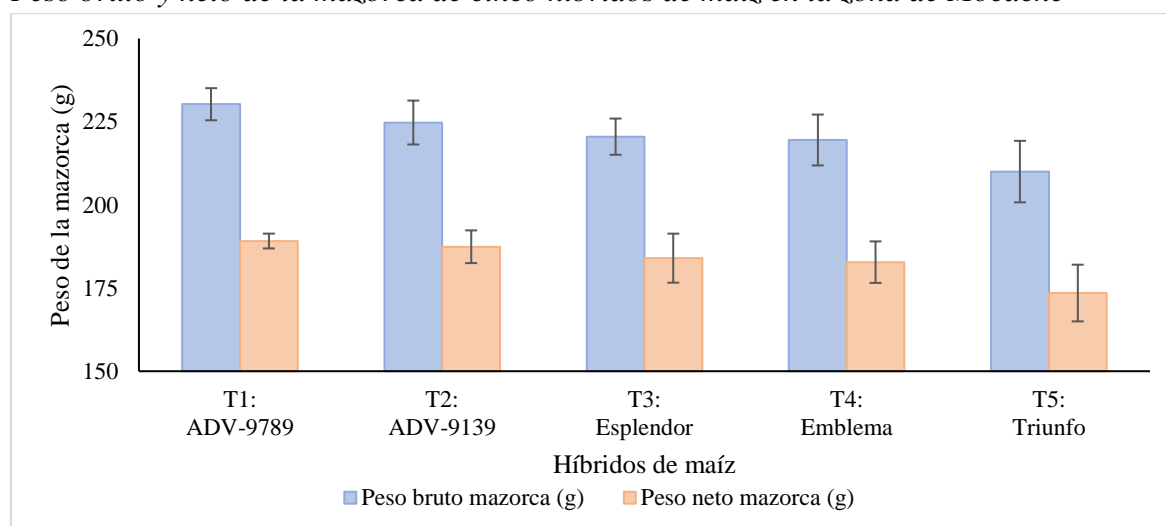
4.1.4. *Peso bruto y neto de la mazorca (g)*

En la Figura 6, se presentan los promedios del peso bruto y neto de la mazorca en cinco híbridos de maíz establecidos en la zona de Mocache. Para las dos variables, se pudo apreciar que el análisis de varianza no determinó significancia estadística para los híbridos en estudio, con coeficientes de variación de 3.61 y 3.83%, para el peso bruto y neto de la mazorca, respectivamente.

Los híbridos registraron peso bruto de la mazorca entre 210.00 y 230.25 g, y de 173.50 a 189.13 g de peso neto de la mazorca, caracterizándose por la ausencia de diferencias significativas entre sí. Los promedios más altos para los dos parámetros se registraron en T2: ADV-9139, mientras que los promedios más bajos correspondieron a T5: Triunfo.

Figura 5

Peso bruto y neto de la mazorca de cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache



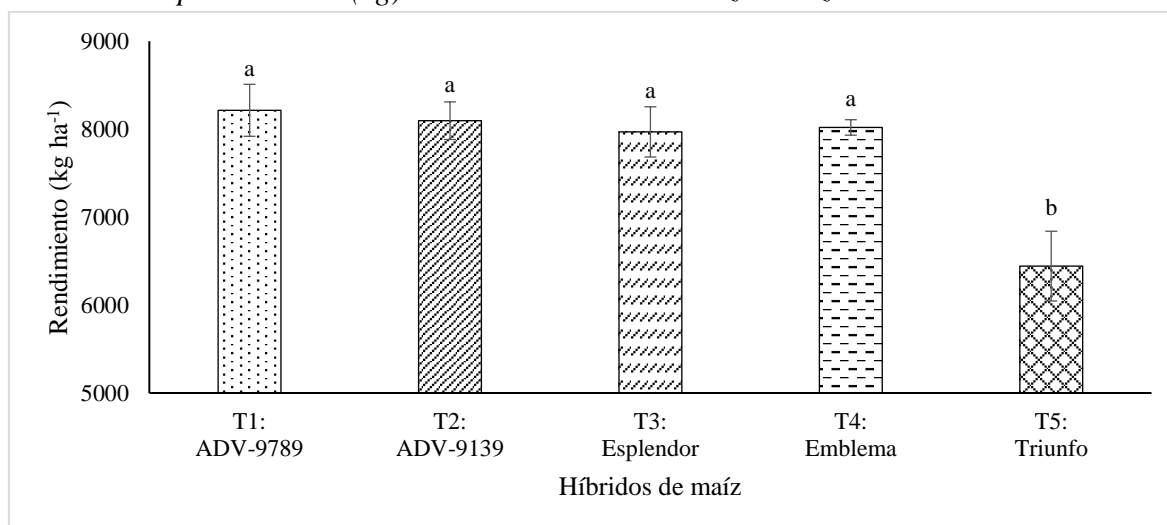
Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.1.5. *Rendimiento*

Los promedios presentados en la Figura 7, corresponden al rendimiento por hectárea de los cinco híbridos de maíz en estudio. El análisis de varianza reflejó que los tratamientos alcanzaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 3.64%. Con T1: ADV-9789 se produjo mayor rendimiento, con 8213.64 kg ha⁻¹, en ausencia de diferencias significativas respecto a T2: ADV-9139, T4: Emblema y T: Esplendor, que registraron promedios entre 7964.41 y 8095.57 kg ha⁻¹. Estos híbridos superaron estadísticamente a T5: Triunfo, que produjo un rendimiento de 6442.61 kg ha⁻¹.

Figura 6

Rendimiento por hectárea (kg) de cinco híbridos de maíz en la zona de Mocache



Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.1.6. Análisis económico

En la Tabla 5, se presenta el análisis económico del rendimiento de los híbridos de maíz estudiados en función de sus respectivos costos. Con T1: ADV-9789, se obtuvo mayor rentabilidad económica, con 50.95%, con un costo total de \$ 1632.43, a un costo de tratamiento de \$ 235.00, teniéndose un ingreso bruto de \$ 2464.09 y neto de \$ 831.66. Los demás híbridos registraron niveles de rentabilidad que fluctuaron entre 28.26 y 50.24%, siendo T5: Triunfo el que registró menor rentabilidad económica, y su vez fue el tratamiento de menor costo (\$ 198.00).

Tabla 4

Análisis económico del rendimiento de cinco híbridos de maíz en función de sus respectivos costos de producción

Indicadores	T1: ADV-9789	T2: ADV-9139	T3: Esplendor	T4: Emblema	T5: Triunfo
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	8213.64	8095.57	7968.41	8018.98	6442.61
Precio de venta (\$)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Ingreso bruto (\$)	2464.09	2428.67	2390.52	2405.69	1932.78
Costo fijo (\$)	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Costo variable (\$)	1217.43	1211.53	1205.17	1207.70	1128.88
Costo del tratamiento (\$)	235.00	225.00	235.00	230.00	198.00
Costo total (\$)	1632.43	1616.53	1620.17	1617.70	1506.88
Ingreso neto (\$)	831.66	812.14	770.35	787.99	425.90
Relación B/C	1.51	1.50	1.48	1.49	1.28
Rentabilidad (%)	50.95	50.24	47.55	48.71	28.26

4.2. Discusión

La investigación realizada apuntó a analizar la incidencia de las enfermedades foliares más comunes en cinco híbridos comerciales de maíz en la zona de Mocache, con el fin de identificar el nivel de severidad de las mismas, de manera que se pueda ofrecer información de referencia para futuras estrategias de manejo para prevenirlas. Las enfermedades foliares según Gill et al. (9), son una de las principales causas de pérdidas en la producción de maíz, lo que representa un grave problema económico para los agricultores. Por esta razón, de acuerdo a Arguedas-Gamboa (19), es fundamental contar con información precisa sobre la incidencia y severidad de estas enfermedades en diferentes variedades de maíz, con el fin de establecer medidas preventivas y correctivas oportunas y efectivas.

En este contexto, la investigación que se presenta busca contribuir al conocimiento sobre las enfermedades foliares en maíz y, en particular, sobre su incidencia en la zona de Mocache. Los resultados obtenidos podrán ser de gran utilidad para los agricultores de la región, así como para los investigadores y profesionales del sector agrícola que trabajan en el manejo y control de estas enfermedades en el cultivo de maíz. Esto concuerda con Pinzón (28), quien menciona que la resistencia de diferentes híbridos de maíz a determinadas enfermedades foliares puede ser una estrategia efectiva para disminuir los costos de aplicación de fungicidas, ya que reduce la necesidad de aplicar estos productos químicos de manera indiscriminada y frecuente. Por ello, Zuza *et al.* (11), expresa que la selección de híbridos resistentes también puede producir resultados adecuados o aceptables en términos de la producción de maíz, ya que reduce la incidencia y severidad de las enfermedades foliares, lo que a su vez mejora la calidad y cantidad de la cosecha.

Todos los híbridos de maíz experimentaron diferentes niveles de incidencia de diferentes enfermedades foliares. De esta manera, el híbrido Triunfo tuvo la menor incidencia de todas las enfermedades foliares, mientras que las variedades Esplendor y Emblema parecen ser más susceptibles a la mayoría de las enfermedades foliares en comparación con las otras variedades. Esto concuerda con Riofrío (39), quien indica que el híbrido de maíz Triunfo es altamente tolerante a las principales enfermedades foliares presente en Ecuador, lo que también es corroborado por Entsakua (52), quien destaca como principal característica de este híbrido su tolerancia a varias enfermedades de mayor ocurrencia en las zonas maiceras del país.

Por otra parte, el híbrido Triunfo tiene la menor severidad de todas las enfermedades foliares, con un valor promedio de alrededor del 8%. Esto sugiere que este híbrido tiene una mayor resistencia a las enfermedades foliares en comparación con los demás. Las variedades Esplendor y Emblema parecen ser más susceptibles a la mayoría de las enfermedades foliares, con valores promedio de severidad de alrededor del 22%. La variedad ADV-9789 parece tener una mayor severidad de la enfermedad de la Mancha de asfalto, con un valor promedio de severidad del 17.52%, mientras que la variedad ADV-9139 aparentemente mostró mayor severidad de la Curvularia, con un valor promedio de severidad del 17.14%. Hay varias posibles razones detrás de estas diferencias en la severidad de enfermedades foliares en diferentes variedades de maíz. Estas, de acuerdo Sylvester & Kleczewski (8), pueden incluir diferencias en la resistencia genética, las condiciones climáticas y del suelo, las prácticas agrícolas y el manejo integrado de plagas, sin embargo, Pinzón (28), menciona que, al tenerse ausencia de control de enfermedades, se podría considerar como una posible explicación, la resistencia de los híbridos a dichas enfermedades foliares evaluadas.

Según Proaño & Tomita (44), es importante tener en cuenta que la severidad de las enfermedades foliares puede afectar la calidad y la cantidad de la cosecha (44). Por lo tanto, Barreiro & Velásquez (34), acotan que comprender la incidencia y la severidad de las enfermedades foliares en diferentes variedades de maíz puede ayudar a los agricultores a seleccionar las variedades más resistentes y tomar medidas preventivas y de manejo de enfermedades para mejorar la productividad de sus cultivos. Respecto a esto, tanto Riofrío (39), como Entsakua (52), expresan que el híbrido Triunfo presenta un amplio rango de adaptabilidad a las zonas maiceras del país, haciendo énfasis en su capacidad de tolerancia a las enfermedades comunes de las mismas. Por su parte, Jara-Morán (53), hace énfasis en que algunos estudios en el país, han reflejado cierto grado de susceptibilidad del híbrido Emblema a las enfermedades foliares descritas, sin embargo, podría haber influido sobre esto, el manejo agronómico, condiciones de clima y los niveles de ocurrencia de los patógenos causante de enfermedades. Con base a estos parámetros, según sostienen Micca, Andrada & Larrusse (12), los agricultores pueden considerar la incidencia de diferentes enfermedades foliares en cada material genético antes de tomar una decisión sobre qué híbrido plantar.

La genética de cada híbrido de maíz, de acuerdo a Rosado (29), puede influir en su rendimiento en términos de longitud y diámetro de la mazorca, puesto que según Mariscal-

Amaro et al. (6), cada híbrido tiene sus características únicas, lo que puede afectar su crecimiento y desarrollo. Esto podría explicar las diferencias en cuanto a las dimensiones de las mazorcas cosechadas en cada uno de los híbridos en estudio. Respecto a esto, Loza (10) indica que, es importante tener en cuenta que los resultados pueden verse influenciados por varios factores, incluyendo la genética del híbrido, las condiciones ambientales y el manejo agronómico, por lo que según Damiany (48), es importante realizar evaluaciones continuas y ajustar las prácticas de producción según sea necesario para maximizar los rendimientos.

En general, los resultados indican que los híbridos de maíz evaluados presentan rendimientos y rentabilidades económicas diferentes en la zona de estudio. Aunque no se encontraron diferencias significativas en el peso bruto y neto de la mazorca entre los híbridos, el rendimiento y la rentabilidad económica sí difirieron significativamente. El híbrido ADV-9789 presentó los mejores resultados en términos de rendimiento y rentabilidad, mientras que Triunfo tuvo los valores más bajos. Los resultados, de acuerdo a Argüello-Medina (14), pueden proporcionar información importante sobre la variabilidad de las características de la mazorca en diferentes híbridos de maíz y las posibles relaciones entre ellas. Además, según Villares-Rea (30), podrían ser utilizados como punto de partida para estudios más detallados que busquen identificar las causas subyacentes de las diferencias entre los híbridos en cuanto a peso, rendimiento y rentabilidad económica, lo que podría proporcionar información valiosa para el desarrollo de variedades de maíz más productivas y rentables.

Estrada-Miguez (4), en la zona de Mocache, con el híbrido de maíz ADV-9789 en ausencia de aplicación de fungicidas, obtuvo mazorcas de longitud de 17.10 cm, diámetro de 4.51 cm, con un rendimiento de 8.92 t ha⁻¹, alcanzando una rentabilidad de 54.01%. Además, este autor evidenció severidad ligera de curvularia y tizón foliar en el mencionado híbrido. Por su parte, Ledesma-García (41), en su estudio reportó que el híbrido de maíz produjo mazorcas de 4.97 cm de diámetro, con un rendimiento de 11323.00 kg ha⁻¹, mientras que el híbrido Emblema produjo mazorcas de 5.00 cm de diámetro y un rendimiento por hectárea de 11107.20 kg. Finalmente, es importante destacar que la resistencia de los híbridos no es una solución única para el control de enfermedades foliares en el cultivo de maíz. Se trata de una estrategia complementaria a otras medidas de manejo integrado de plagas y enfermedades, como la rotación de cultivos, el uso de semillas de calidad, el control biológico y la aplicación oportuna y selectiva de fungicidas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El híbrido Triunfo mostró los valores más bajos de incidencia de las enfermedades foliares evaluadas, con valores que oscilaron entre 15.25 (*Puccinia sorghi*) y 17.00 % (*Spiroplasma kunkelii* y *Physoderma maydis*), mientras que la severidad de las mismas fluctuó de 7.55 (*Puccinia sorghi*) a 8.16 % (*Spiroplasma kunkelii*).
- Advanta 9789 fue el híbrido que se destacó entre los materiales de siembra evaluados, ya que produjo mayor nivel de rendimiento (8213.64 kg), a consecuencia de la producción de mazorcas de mayor longitud, que a su vez aportaron a la obtención de mayor peso neto del grano por cada mazorca cosechada.
- La rentabilidad de los híbridos osciló entre el 28.26 y 50.95%, siendo el más rentable ADV-9789, y aunque el híbrido Triunfo tuvo costo variable más bajo que los demás híbridos, su rendimiento es el más bajo, ingreso neto y rentabilidad son significativamente más bajos que los de los otros híbridos.

5.2. Recomendaciones

- Realizar una evaluación productiva y económica del híbrido de maíz Triunfo bajo la aplicación de diferentes paquetes tecnológicos, de manera que se puede identificar el que potencialice la rentabilidad sin comprometer el nivel de rendimiento.
- En términos de rentabilidad económica, se recomienda el uso del híbrido Advanta 9789, ya que fue el más rentable de los híbridos evaluados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el costo variable más bajo no siempre significa la mayor rentabilidad, por lo que se debe considerar cuidadosamente los costos y los rendimientos de los diferentes híbridos antes de tomar una decisión.
- Para futuros estudios, se recomienda evaluar más híbridos de maíz y expandir la evaluación a otras zonas geográficas, para obtener resultados más representativos y generalizables, así como también evaluar el desempeño de los híbridos en diferentes condiciones de clima y suelo, y considerar otros parámetros importantes como la resistencia a plagas y enfermedades, la tolerancia a la sequía y la adaptación a diferentes sistemas de producción agrícola.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Pazmiño E. Evaluación de la eficacia de fungicidas sobre el control de enfermedades en el rendimiento y calidad del grano en híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de El Empalme. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 110 p. 2017.
2. Acosta R. El cultivo del maíz, su origen y clasificación: el maíz en Cuba. Cultivos Tropicales 30(2): 113-120. 2009.
3. Bastidas Y, Chassaigne A, Alezones J, Hernández A. Comportamiento agronómico y fitopatológico de variedades de maíz (*Zea mays* L.) en los estados Yaracuy y Guárico, Venezuela. Venezuela. Bioagro 27(1): 17-26. 2015.
4. Estrada-Miguez J. Evaluación del efecto de la solución AgCelence de BASF para control de enfermedades foliares fúngicas en el cultivo de maíz. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 100 p. 2021.
5. Guamán-Guamán R, Desiderio-Vera T, Villavicencio-Abril Á, Ulloa-Cortázar S, Romero-Salguero E. Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. Siembra 7(2): 47-56. 2020.
6. Mariscal-Amaro L, Villaseñor-Mir H, Solís-Moya E, Hortelano-Santa Rosa R, Martínez-Cruz E. Efecto de fungicidas sobre caracteres agronómicos, rendimiento y tizones foliares en trigo de temporal en México. Revista Fitotecnia Mexicana 43(1): 71-78. 2020.
7. Villaseñor H, Hortelano R, Martínez E, Mariscal L, Leyva S, Huerta J. Control químico de las enfermedades: Una alternativa para la producción de trigo de temporal en Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 595-600. 2012.
8. Sylvester P, Kleczewski M. Evaluation of foliar fungicide programs in mid-Atlantic winter wheat production systems. Crop Protection 103: 103-110. 2018.
9. Gill K, Babuta R, Buttar G, Kingra P. Impact of climate change on wheat productivity in Ludhiana and Bathinda of Punjab. Indian Journal of Agricultural Research 49: 368-372. 2015.
10. Loza A. Evaluación de híbridos de maíz dulce (*Zea mays* L.) var Saccharata, bajo dos distancias de siembra para grano enlatado. Universidad Central del Ecuador. Quito - Ecuador. 106 p. 2017.

11. Zuza M, Kearney M, Costa M, Peralta V, Salomón A, Canale A. Evaluación de híbridos de maíz frente a enfermedades fúngicas, en el centro-sur de la provincia de Córdoba. *Revista Ab Intus* 9(5): 25-34. 2022.
12. Micca M, Andrada N, Larrusse A. Análisis exploratorio espacial de tizón común *Exserohilum turcicum* (Leonard and Suggs) en estratos foliares de maíz, en Villa Mercedes, San Luis. *Revista Fave, Sección Ciencias Agrarias* 14(2): 1-12. 2015.
13. Mahdieh M, Habibollahi N, Amirjani M, Abnosi M, Ghorbanpour M. Exogenous silicon nutrition ameliorates salt-induced stress by improving growth and efficiency of PSII in *Oryza sativa* L. cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 15(4): 1050-1060. 2015.
14. Argüello-Medina V. Diagnóstico de enfermedades foliares en el cultivo de maíz (*Zea mays*) del cantón La Joya de Los Sachas, provincia de Orellana. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, sede Orellana. El Coca - Ecuador. 60 p. 2022.
15. Guzmán-Gómez L. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de un híbrido y una variedad de maíz (*Zea mays*) en Santa Clara de San Carlos, Alajuela Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos-Costa Rica. 102 p. 2020.
16. Barrios M, Basso C. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos de maíz. *Bioagro* 30(1): 39-48. 2018.
17. Seissian L, Gharios R, Awad A. Structural and market-related factors impacting profitability: A cross sectional study of listed companies. *Arab Economic and Business Journal* 13(2): 125-133. 2018.
18. Ramírez-Herrera L, Palacín-Sánchez M. El estado del arte sobre la teoría de la estructura de capital de la empresa. *Cuadernos de Economía* 37(73): 143-165. 2018.
19. Arguedas-Gamboa M, Rodríguez-Solís M, Guevara-Bonilla M, Esquivel-Segura E, Sandoval-Rocha S, Briceño-Elizondo E. Incidencia y severidad de *Olivea tectonae* y *Rhabdopterus* sp. en plantaciones jóvenes de *Tectona grandis* L.f. bajo distintas modalidades de control de arvenses. *Agronomía Costarricense* 43(1): 9-19. 2019.
20. Mena-Ponce M. Efecto antagonista de cepas de Trichoderma sobre agentes causales en el cultivo de maíz. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil - Ecuador. 101 p. 2022.

21. Cuevas J. Maíz: Alimento fundamental en las tradiciones y costumbres mexicanas. PASOS, Revista de Turismo y Patrimonio Cultural 12(2): 425-432. 2014.
22. Baca L. La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. 84 p. 2016.
23. González-Cortés N, Silos-Espino H, Estrada-Cabral J, Chávez-Muñoz J, Tejero-Jiménez L. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. Revista mexicana de ciencias agrícolas 7(3): 669-680. 2016.
24. Villar L. Cultivo de maíz. [Online].; 2009. Available from: <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Ma%C3%ADz.pdf>.
25. Andrade L. Análisis de la comercialización de la cadena agroindustrial del maíz (*Zea mays* L) en la región 4 provincia de Manabí en el período 2008-2012: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 99 p; 2014.
26. Cedeño F, Cargua J, Cedeño J, Mendoza J, López G, Cedeño G. Aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro. La Técnica: Revista de las Agrociencias (19): 19-30. 2018.
27. Maas J. Aplicación de derivados de algas marinas y labranza de conservación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.): Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Coahuila-México. 100 p; 2001.
28. Pinzón I. Influencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro al cambio climático en el cantón Shushufindi. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. Quito-Ecuador. 149 p. 2019.
29. Rosado K. Distribución espacial del grado de pendiente del terreno y su relación con la producción y rentabilidad de campos comerciales de maíz, en la zona de Ventanas. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 70 p. 2021.
30. Villares-Rea J. Adaptabilidad de nuevos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de alto rendimiento en zonas maiceras del Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil - Ecuador. 140 p. 2020.
31. Alonso-Reyes S. Evaluación fenotípica en cinco genotipos de maíz utilizando los descriptores del SNICS con fines de registro. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila-México. 56 p. 2011.
32. Kaur K, Gupta R, Saraf S, Saraf S. Zinc: the metal of life. comprehensive reviews. Food Science and Food Safety 3(4): 358-376. 2014.

33. Sandal M. Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Pueblo Viejo provincia de Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 93 p. 2014.
34. Barreiro S, Velásquez J. Eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco, en Rocafuerte - Manabí. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta - Ecuador. 62 p. 2021.
35. Parrales-Quimis A. Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (*Zea mays* L.) en la comuna Sancán. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa - Ecuador. 63 p. 2021.
36. Tapia C, Morillo E. Diversidad agrícola andina. Ecuador Terra Incognita. Quito-Ecuador. 42 p. 2006.
37. Marcos J. Los pueblos navegantes del Ecuador pre-hispánico. Ediciones Abya Yala/Espol. Quito-Ecuador. 206 p. 2005.
38. Chaqui C. Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (*Zea mays* L.) tipo “Mishca” a partir de medios hermanos y hermanos completos, Tumbaco, Pichincha. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 85 p. 2013.
39. Riofrío N. Respuesta de dos híbridos de maíz *Zea mays* L. cultivados con tres densidades poblacionales a la fertilización N, P, K. Universidad de Guayaquil. Guayaquil - Ecuador. 83 p. 2018.
40. INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2021. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Quito-Ecuador. 174 p. 2022.
41. Ledesma-García L. Efectos de niveles de nitrógeno sobre tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.), Montalvo, Los Ríos. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil - Ecuador. 66 p. 2022.
42. Caviedes M, Carvajal F, Zambrano J. Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Ecuador. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías 14(1): 1-21. 2022.
43. Obando M, Alvarado A, Hasang E, Farah S, Palacios C. Rendimiento y contenido proteico de siete híbridos de maíz (*Zea mays* L.) ecuatoriano cultivado en el valle de Santa Catalina, Perú. Manglar 19(3): 227-232. 2022.

44. Proaño J, Tomita K. Evaluación de tres híbridos de maíz con niveles nitrogenados durante la estación lluviosa, Guayaquil, Ecuador. ALFA, Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias 5(13): 53-64. 2021.
45. Díaz H, Leyva S, Villaseñor H, Vargas M, Hortelano R, Valdéz Y, et al. Control químico de la roya lineal en diferentes etapas de desarrollo del trigo en Terrenate, Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9: 1067-1074. 2018.
46. Fuentes-Cuesta Á. Evaluación de la severidad de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en maíz (*Zea mays*) bajo el efecto del azufre. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo - Ecuador. 67 p. 2021.
47. Hernández L, Sandoval J. Escala diagramática de severidad para el complejo mancha de asfalto del maíz. Revista mexicana de fitopatología 33(1): 95-103. 2015.
48. Damiany J. Producción comercial de semillas híbridas del cultivo de maíz duro (*Zea mays*). Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo - Ecuador. 32 p. 2022.
49. Castillo-Arévalo T, Jiménez-Martínez E. Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. La Calera 20(35): 1-12. 2020.
50. Pereyda-Hernández J, Hernández-Morales J, Sandoval-Islas J, Aranda-Ocampo S, De León C, Gómez-Montiel N. Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. Agrociencia 43(5): 511-519. 2009.
51. Di Rienzo J, F C, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>. 2020.
52. Entsakua J. Evaluación de la viabilidad de semillas en cinco variedades de maíz sometidas a envejecimiento acelerado. Universidad Técnica de Machala. Machala - Ecuador. 66 p. 2021.
53. Jara-Morán A. Respuesta de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.), a diferentes niveles de fertilización en la zona de Babahoyo. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo - Ecuador. 61 p. 2019.
54. Cervantes-Adame Y, Rebolloza-Hernández H, Broa-Rojas E, Olvera-Velona A, Bahena-Delgado G. Efectos de heterosis en poblaciones nativas de maíz y sus cruza F1. Biotecnia 22(3): 11-19. 2020.

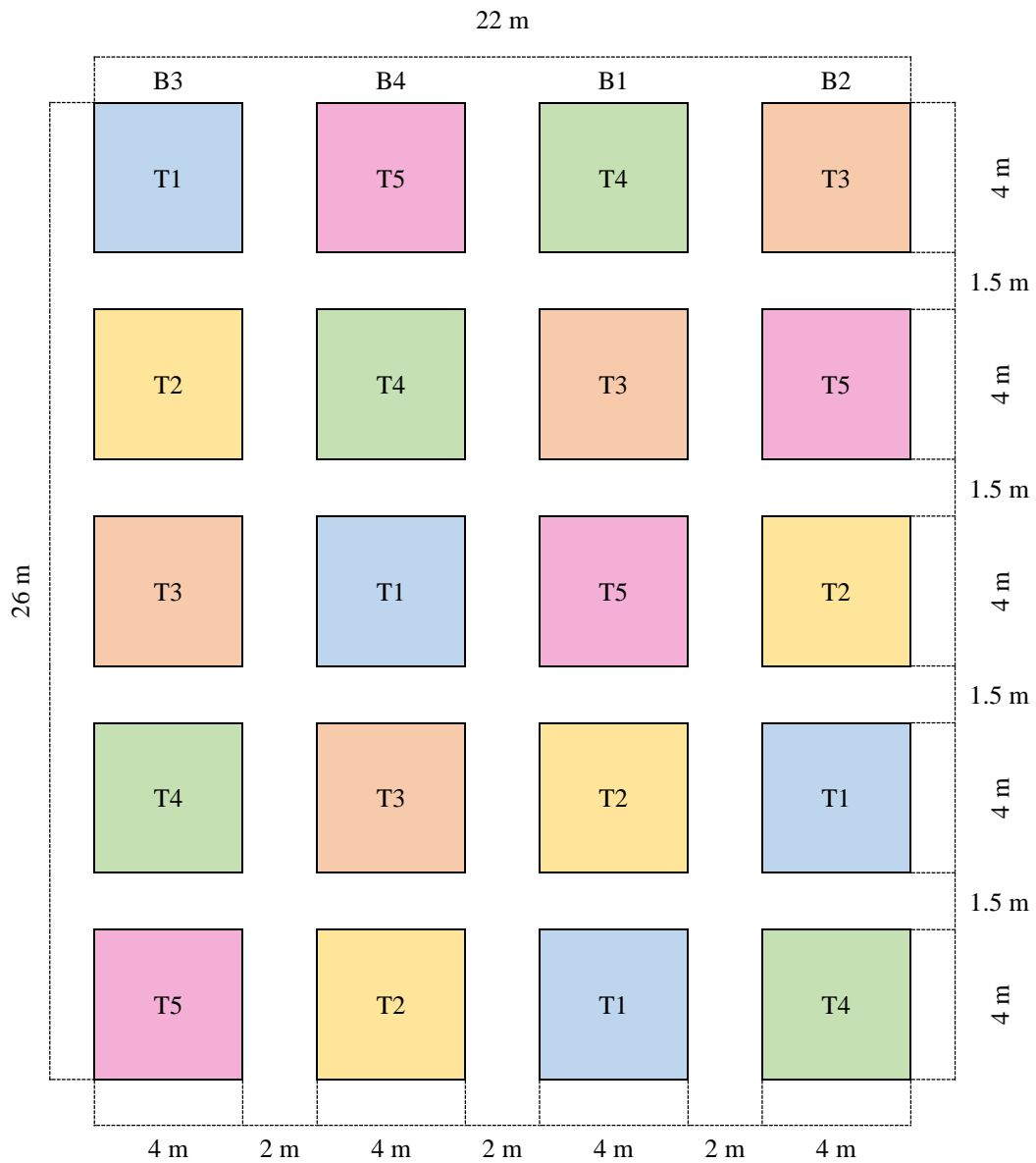
55. Okoth S, Siameto E. Evaluation of selected soil fertility management interventions for suppression of *Fusarium* spp. in a maize and beans intercrop. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13: 73-80. 2011.
56. Castro C, Fleitas M, Schierenbeck M, Gerard G, Simón M. Evaluation of different fungicides and nitrogen rates on grain yield and bread-making quality in wheat affected by *Septoria tritici* blotch and yellow spot. *Journal of Cereal Science* 83: 49-57. 2018.
57. Castellanos L, De Mello R, Silva C, Barbosa G, Fiallos J. Desarrollo de la mancha foliar por *Bipolaris maydis* (Teleomorfo: *Cochliobolus heterostrophus*) en maíz dulce, en función de nitrógeno, potasio y silicio. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 21(3): 1-15. 2020.
58. Borja L, Villa O, Armijos J. Apalancamiento financiero y rentabilidad de la industria manufacturera del cantón en Cuenca, Ecuador. *Quipukamayoc* 30(62): 47-55. 2022.
59. Valencia E, Caiza E, Bedoya M. Decisiones de inversión y rentabilidad bajo la valoración financiera en las empresas industriales grandes de la provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Revista Universidad y Empresa* 22(39): 1-29. 2020.
60. García P, Cabrera S, Sánchez J, Pérez A. Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela. *Agronomía Tropical* 58(4): 383-390. 2008.

CAPÍTULO VII

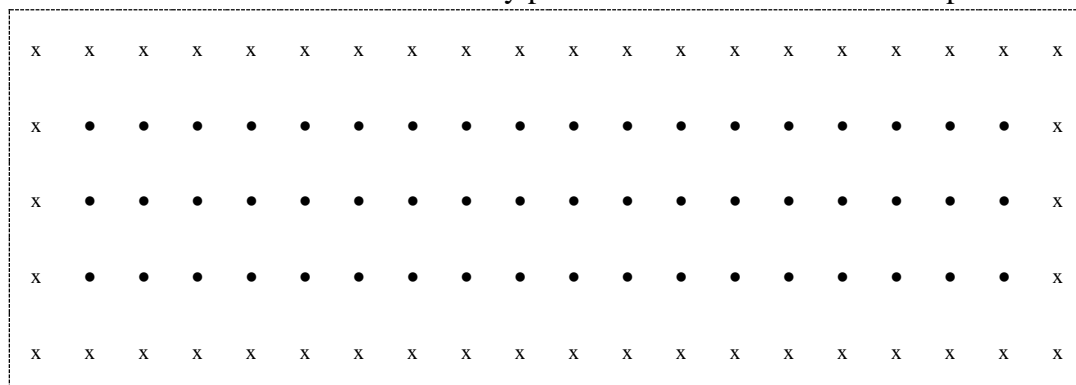
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Distribución de los tratamientos y bloques en el sitio experimental



Anexo B. Distribución de las hileras y plantas dentro de cada unidad experimental



x: Plantas borde; •: Plantas útiles

Anexo C. Resultados del análisis de varianza de la incidencia de las enfermedades foliares en estudio

Incidencia_Cinta roja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia Cinta roja	20	0.95	0.93	5.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	556.50	7	79.50	36.27	<0.0001
Rep	5.20	3	1.73	0.79	0.5220
Tratamientos	551.30	4	137.83	62.89	<0.0001
Error	26.30	12	2.19		
Total	582.80	19			

Incidencia_Curvularia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia Curvularia	20	0.98	0.97	3.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	726.30	7	103.76	104.63	<0.0001
Rep	8.60	3	2.87	2.89	0.0793
Tratamientos	717.70	4	179.43	180.93	<0.0001
Error	11.90	12	0.99		
Total	738.20	19			

Incidencia_Tizón de la hoja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia Tizón de la hoj..	20	0.97	0.95	4.8

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	605.10	7	86.44	52.66	<0.0001
Rep	2.80	3	0.93	0.57	0.6463
Tratamientos	602.30	4	150.58	91.72	<0.0001
Error	19.70	12	1.64		
Total	624.80	19			

Incidencia_Fisoderma

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia Fisoderma	20	0.98	0.97	3.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	482.75	7	68.96	84.45	<0.0001
Rep	0.95	3	0.32	0.39	0.7639
Tratamientos	481.80	4	120.45	147.49	<0.0001
Error	9.80	12	0.82		
Total	492.55	19			

Incidencia_Mancha de asfalto

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia Mancha de asfal..	20	0.97	0.95	4.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	615.00	7	87.86	53.25	<0.0001
Rep	1.20	3	0.40	0.24	0.8651
Tratamientos	613.80	4	153.45	93.00	<0.0001
Error	19.80	12	1.65		
Total	634.80	19			

Incidencia_Roya

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia Roya	20	0.98	0.97	4.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	670.50	7	95.79	78.19	<0.0001
Rep	2.80	3	0.93	0.76	0.5368
Tratamientos	667.70	4	166.93	136.27	<0.0001
Error	14.70	12	1.22		
Total	685.20	19			

Anexo D. Resultados del análisis de varianza de la severidad de las enfermedades foliares en estudio

Severidad_Cinta roja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad Cinta roja	20	0.97	0.95	7.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	563.27	7	80.47	49.98	<0.0001
Rep	1.41	3	0.47	0.29	0.8300
Tratamientos	561.86	4	140.47	87.25	<0.0001
Error	19.32	12	1.61		
Total	582.59	19			

Severidad_Tizón de la hoja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad Tizón de la hoja..	20	0.98	0.97	5.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	657.53	7	93.93	101.56	<0.0001
Rep	5.63	3	1.88	2.03	0.1637
Tratamientos	651.90	4	162.98	176.21	<0.0001
Error	11.10	12	0.92		
Total	668.63	19			

Severidad_Mancha de asfalto

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad Mancha de asfalt..	20	0.98	0.97	5.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	614.58	7	87.80	83.71	<0.0001
Rep	0.43	3	0.14	0.14	0.9368
Tratamientos	614.16	4	153.54	146.40	<0.0001
Error	12.59	12	1.05		
Total	627.17	19			

Severidad_Curvularia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad Curvularia	20	0.98	0.97	5.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	684.93	7	97.85	104.71	<0.0001
Rep	3.31	3	1.10	1.18	0.3581
Tratamientos	681.62	4	170.41	182.36	<0.0001
Error	11.21	12	0.93		
Total	696.15	19			

Severidad_Fisoderma

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad Fisoderma	20	0.98	0.98	5.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	565.62	7	80.80	107.15	<0.0001
Rep	2.88	3	0.96	1.27	0.3274
Tratamientos	562.74	4	140.69	186.55	<0.0001
Error	9.05	12	0.75		
Total	574.67	19			

Severidad_Roya

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Severidad Roya	20	0.98	0.98	5.14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	611.83	7	87.40	111.32	<0.0001
Rep	1.84	3	0.61	0.78	0.5279
Tratamientos	610.00	4	152.50	194.23	<0.0001
Error	9.42	12	0.79		
Total	621.26	19			

Anexo E. Resultados del análisis de varianza de los indicadores de rendimiento de los híbridos en estudio

Longitud mazorca (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud mazorca (cm)	20	0.88	0.80	4.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55.85	7	7.98	12.13	0.0001
Rep	2.46	3	0.82	1.25	0.3357
Tratamientos	53.39	4	13.35	20.28	<0.0001
Error	7.90	12	0.66		
Total	63.75	19			

Diámetro mazorca (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro mazorca (cm)	20	0.62	0.40	2.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.31	7	0.04	2.80	0.0566
Rep	0.08	3	0.03	1.69	0.2213
Tratamientos	0.23	4	0.06	3.62	0.0369
Error	0.19	12	0.02		
Total	0.50	19			

Peso bruto mazorca (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso bruto mazorca (g)	20	0.56	0.30	3.61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	964.10	7	137.73	2.16	0.1148
Rep	71.60	3	23.87	0.37	0.7727
Tratamientos	892.50	4	223.13	3.51	0.0407
Error	763.90	12	63.66		
Total	1728.00	19			

Peso neto mazorca (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso neto mazorca (g)	20	0.52	0.24	3.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	643.55	7	91.94	1.87	0.1630
Rep	52.53	3	17.51	0.36	0.7859
Tratamientos	591.02	4	147.75	3.00	0.0624
Error	590.58	12	49.22		
Total	1234.13	19			

Rendimiento (kg/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	20	0.90	0.85	3.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8840544.46	7	1262934.92	15.91	<0.0001
Rep	185877.94	3	61959.31	0.78	0.5272
Tratamientos	8654666.52	4	2163666.63	27.26	<0.0001
Error	952376.22	12	79364.69		
Total	9792920.69	19			

Anexo F. Delimitación del sitio experimental



Anexo G. Fertilización del cultivo de maíz



Anexo H. Cultivo de maíz a los 30 días después de la siembra



Anexo I. Cultivo de maíz a los 75 días después de la siembra



Anexo J. Cultivo de maíz en etapa próxima a la cosecha



Anexo K. Mazorcas cosechadas por unidad experimental



Anexo L. Evaluación del diámetro de la mazorca



Anexo M. Evaluación de los indicadores de rendimiento.

