



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del Grado
Académico de Ingeniero
Agrónomo

Proyecto de Investigación:

VALIDACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, SANITARIAS Y
PRODUCTIVAS DE PARENTALES DE LOS HÍBRIDOS DE *Zea mays* INIAP H-551 E
INIAP H-554

Autor:

Dayanna Yamilex Valero Guerrero

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Daniel Federico Vera Avilés, PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

Yo, Dayanna Yamilex Valero Guerrero, 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 documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Dayanna Yamilex Valero Guerrero

125099315-9



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **Ing. Daniel Federico Vera Avilés PhD.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Dayanna Yamilex Valero Guerrero, realizó el Trabajo de Integración Curricular titulado “**Validación de las características agronómicas, sanitarias y productivas de parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554**”, previo a la obtención del Grado Académico de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

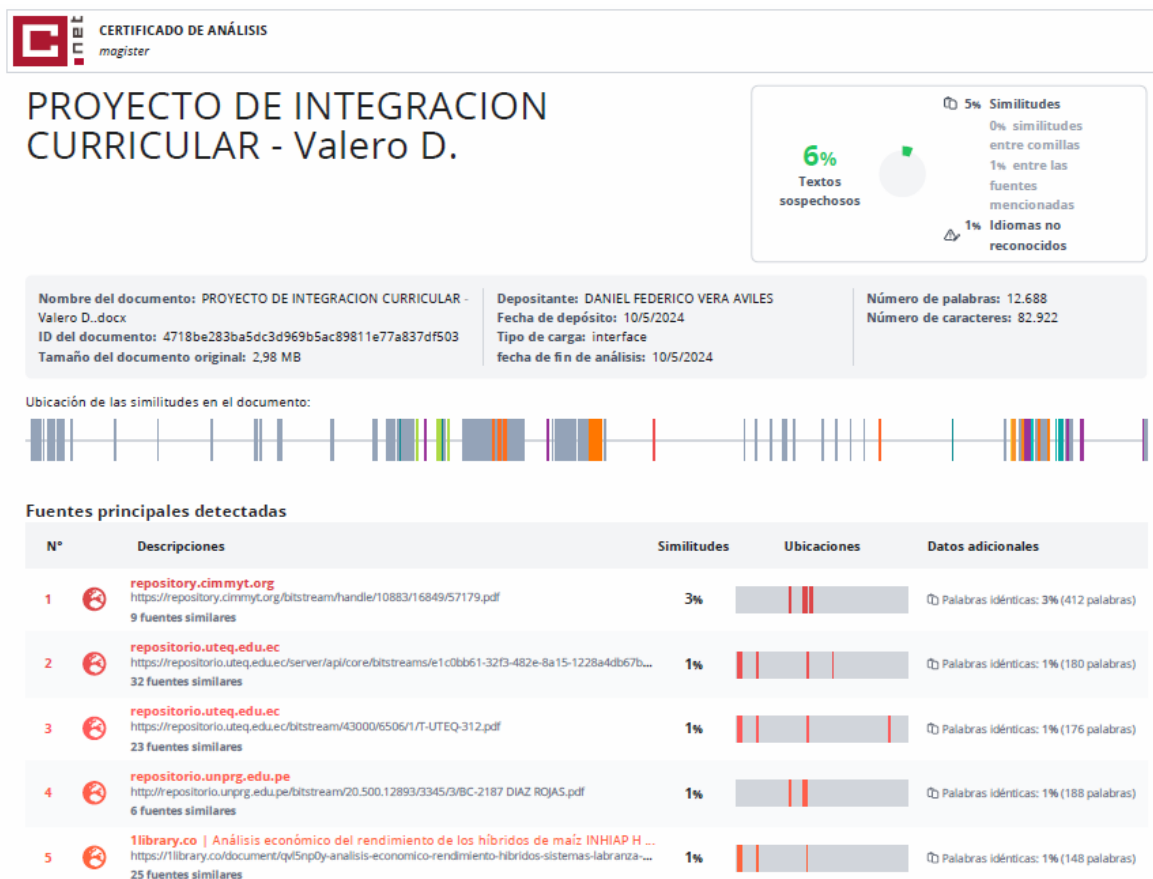
.....

Ing. Daniel Federico Vera Avilés PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

El suscrito **Ing. Daniel Federico Vera Avilés PhD.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Validación de las características agronómicas, sanitarias y productivas de parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554**” presentado por la estudiante **Dayanna Yamilex Valero Guerrero**, egresada de la Carrera de Agronomía, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 94% y similitud 6% del trabajo investigativo. Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.



.....
Ing. Daniel Federico Vera Avilés PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Validación de las características agronómicas, sanitarias y productivas de parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Favio Eduardo Herrera Eguez, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Freddy Javier Guevara Santana MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2024

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por ser mi fortaleza y guía espiritual en cada momento de mi vida, por darme la fuerza y sabiduría necesaria para afrontar día a día los desafíos presentes en el transcurso de la carrera.

A mis padres por ser mi más grande inspiración, por su apoyo incondicional en cada paso de este largo camino y por cada uno de sus consejos que me han ayudado a seguir adelante.

A la prestigiosa Universidad Técnica Estatal de Quevedo por abrirme sus puertas y permitirme obtener los conocimientos para lograr ser una profesional. A los docentes de mi amada universidad por ser el pilar fundamental en el desarrollo de mis capacidades, por la dedicación y empeño que entregaron al momento de brindar cada una de sus clases las cuales me permiten hoy lograr mis metas.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias por confiar en mis capacidades y permitir realizar mi investigación en sus instalaciones. Al Ing. Jim Ochoa y la Ing. Solanyi Tigselema por ser mi guía y apoyo en cada momento de la realización de la presente investigación.

A mi tutor, el Ing. Daniel Vera Avilés por apoyarme en cada momento de dificultad durante la realización de la investigación, guiarme con sus conocimientos y confiar en mí en todo momento.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación va dedicado a Dios por ser mi mayor fortaleza. A mis padres, Mercedes Guerrero y Pedro Valero, las personas que más amo y admiro por ser mi más grande apoyo. A mis hermanos por estar conmigo en cada momento importante de mi vida y a mis amigas que han estado conmigo en cada momento de alegría y dificultad, por haber sido un pilar fundamental en el transcurso de mi carrera.

Dayanna Yamilex Valero Guerrero

RESUMEN

El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, debido a esto la producción de híbridos de calidad es esencial para garantizar rendimientos altos y estables, resistencia a enfermedades y adaptación a diversas condiciones climáticas. Es por ello que en la presente investigación se realizó la validación de las características agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales de híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554 en la Estación Experimental Tropical Pichilingue ubicada en el Km 5 vía Quevedo – El Empalme, cantón Mocache, Provincia Los Ríos, considerando la temperatura y precipitación actuales en comparación con datos históricos de 1990 y 2020. Se evaluó el porcentaje de germinación, altura de planta, altura de inserción mazorca, acame de tallo y raíz, floración femenina y masculina, número de hileras por mazorca y severidad de enfermedades foliares. Se implementó un diseño de Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones y la distancia de siembra fue de 0.20m x 0.80m. El porcentaje de germinación presentó variaciones significativas entre los tratamientos, los parentales del híbrido INIAP H-551 exhibieron porcentajes inferiores, los tratamientos presentaron diferencias significativas en, siendo los tratamientos S₄ B-523, S₄ B-521, S₄ B-520 los que presentaron porcentajes más bajos. Las características agronómicas de los tratamientos también variaron. La altura de planta, altura de inserción de la mazorca y número de hileras por mazorca mostraron diferencias significativas. El número de hileras por mazorca presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el S₄ L-21-3-1-1-COM-2 el que presentó el mayor promedio. En conclusión, los parentales evaluados mostraron cambios significativos en la características agronómicas y productivas, siendo el más notorio el porcentaje de germinación, la altura de planta y el número de hileras por mazorca, esto puede ocasionar un bajo rendimiento en la producción de híbridos de calidad.

Palabras claves: Temperatura, precipitación, S₄ B-523, S₄ B-521, S₄ B-520, S₄ L-21-3-1-1-COM-2, CML-172

ABSTRACT

Corn is one of the most important crops worldwide, and because of this, the production of high-quality hybrids is essential to ensure high and stable yields, disease resistance, and adaptation to various climatic conditions. This is why the present research validated the agronomic, sanitary, and productive characteristics of the parent lines of the INIAP H-551 and INIAP H-554 maize hybrids at the Pichilingue Tropical Experimental Station located at Km 5 via Quevedo – El Empalme, Mocache canton, Los Ríos Province, considering current temperature and precipitation compared to historical data from 1990 and 2020. The percentage of germination, plant height, ear insertion height, stalk and root lodging, female and male flowering, number of rows per ear, and severity of foliar diseases were evaluated. A Randomized Complete Block Design with five treatments and four repetitions was implemented, and the planting distance was 0.20m x 0.80m. The germination percentage showed significant variations among the treatments, with the parent lines of the INIAP H-551 hybrid exhibiting lower percentages. The treatments showed significant differences, with treatments S4 B-523, S4 B-521, and S4 B-520 showing the lowest percentages. The agronomic characteristics of the treatments also varied. Plant height, ear insertion height, and number of rows per ear showed significant differences. The number of rows per ear presented significant differences among treatments, with S4 L-21-3-1-1-COM-2 showing the highest average. In conclusion, the evaluated parent lines showed significant changes in agronomic and productive characteristics, with the most notable being the germination percentage, plant height, and number of rows per ear, which may lead to lower yields in the production of high-quality hybrids.

Keywords: Temperature, precipitation, S4 B-523, S4 B-521, S4 B-520, S4 L-21-3-1-1-COM-2, CML-172.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
CÓDIGO DUBLÍN	xvii
Introducción	1
CAPÍTULO I	
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
Diagnóstico	3
Pronóstico	4
1.1.2. Formulación del problema	4
1.1.3. Sistematización del problema	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Justificación	6

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. <i>Híbridos</i>	8
2.1.2. <i>Parentales</i>	8
2.1.3. <i>Temperatura</i>	8
2.1.4. <i>Precipitación</i>	8
2.2. Marco Referencial	9
2.2.1. <i>Maíz</i>	9
2.2.2. <i>Clasificación taxonómica del maíz</i>	9
2.2.3. <i>Importancia del cultivo de maíz</i>	10
2.2.4. <i>Descripción botánica</i>	10
2.2.5. <i>Enfermedades</i>	11
2.2.6. <i>Requerimientos climáticos</i>	11
2.2.7. <i>Tipos de híbridos</i>	12
2.2.8. <i>Híbrido INIAP H-551</i>	12
2.2.9. <i>Híbrido INIAP H-554</i>	13
2.2.10. <i>Clases de semilla</i>	13
2.2.11. <i>Cambio climático</i>	14
2.2.12. <i>Revisión histórica del tema en estudio</i>	14

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1. Localización	18
3.1.1. <i>Datos meteorológicos registrados durante el ensayo</i>	18
3.1.2. <i>Datos meteorológicos registrados en los años 1990 y 2020</i>	18
3.2. Tipo de Investigación	19
3.3. Método de investigación	19

3.4. Fuentes de recopilación de información.....	19
3.5. Diseño de la investigación.....	20
3.5.1. Factores de estudio.....	20
3.5.2. Tratamientos.....	20
3.5.3. Diseño experimental.....	20
3.5.4. Unidad Experimental.....	21
3.6. Instrumentos de investigación.....	22
3.6.1. Manejo del experimento.....	22
3.6.2. Variables evaluadas.....	23
3.6.2.1. Porcentaje de germinación.....	23
3.6.2.2. Altura de planta (m).	23
3.6.2.3. Altura de inserción mazorca (m).	23
3.6.2.4. Acame de tallo (%).	23
3.6.2.5. Acame de raíz (%).	23
3.6.2.6. Severidad de enfermedades foliares.	23
3.6.2.7. Días a floración femenina.	24
3.6.2.8. Días a floración masculina.....	24
3.6.2.9. Numero de hileras en la mazorca.....	24
3.6.2.10. Peso de 5 mazorcas.	24
3.7. Tratamiento de los datos.....	24
3.8. Recursos humanos y materiales.....	24
3.8.1. Recursos humanos.....	24
3.8.2. Materiales.....	25
3.8.2.1. Material Vegetal.....	25
3.8.2.2. Materiales de oficina.....	25
3.8.2.3. Materiales de campo.	25

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Resultados.....	27
4.1.1. <i>Porcentaje de germinación</i>	27
4.1.2. <i>Altura de planta</i>	28
4.1.3. <i>Altura de inserción mazorca</i>	28
4.1.4. <i>Acame de tallo</i>	29
4.1.5. <i>Acame de Raíz</i>	30
4.1.6. <i>Severidad de enfermedades foliares</i>	31
4.1.7. <i>Floración femenina</i>	33
4.1.8. <i>Floración masculina</i>	34
4.1.9. <i>Numero de hileras por mazorca</i>	35
4.1.10. <i>Peso de 5 mazorcas</i>	36
4.2. Discusión	36
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1. Conclusiones.....	41
5.2. Recomendaciones	42
CAPITULO VI	
BIBLIOGRAFIA	43
6.1. Bibliografía.....	44
CAPITULO VII	
ANEXOS	48
7.1. Anexos	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de maíz	9
Tabla 2. Temperatura y precipitación registradas durante el ensayo.....	18
Tabla 3. Temperatura y precipitación registradas en el año 1990.	18
Tabla 4. Temperatura y precipitación registradas en el año 2020.	19
Tabla 5. Tratamientos a utilizarse en el ensayo	20
Tabla 6. Análisis de varianza (ADEVA) del Diseño de Bloques Completos al Azar	21
Tabla 7. Unidad experimental de las parcelas del ensayo	21
Tabla 8. Peso de 5 mazorcas de maíz	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de germinación de maíz 8 días después de la siembra	27
Figura 2. Altura de planta en la validación de las características de parentales de maíz. ..	28
Figura 3. Altura de la inserción de la mazorca mas alta.....	29
Figura 4. Porcentaje de plantas con acame de tallo evaluadas antes de la cosecha.	30
Figura 5. Porcentaje de plantas con acame de raíz evaluadas antes de la cosecha.....	31
Figura 6. Severidad de enfermedades foliares en escala del 1 al 5.	32
Figura 7. Días transcurridos desde la siembra hasta la floración femenina.	33
Figura 8. Días transcurridos desde la siembra hasta la floración masculina.	34
Figura 9. Número de hileras en la parte central de la mazorca más alta.	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Escala propuesta por CIMMYT para evaluación de enfermedades foliares	49
Anexo B. Distribución de los tratamientos	49
Anexo C. Delimitación del terreno	50
Anexo D. Siembra	50
Anexo E. Colocación de letreros informativos	51
Anexo F. Evaluación de variables.....	51
Anexo G. Cosecha obtenida de una de las unidades experimentales.....	52
Anexo H. Peso de 5 mazorcas de una repetición	52
Anexo I. Peso de 5 mazorcas desgranadas.....	53
Anexo J. Determinación de humedad	53
Anexo K. Análisis de varianza: porcentaje de germinación	54
Anexo L. Análisis de varianza: altura de planta	54
Anexo M. Análisis de varianza: altura de inserción de mazorca	54
Anexo N. Análisis de varianza: porcentaje de acame de tallo	55
Anexo O. Análisis de varianza: porcentaje de acame de raíz	55
Anexo P. Análisis de varianza: severidad de enfermedades foliares– <i>Cercospora</i>	55
Anexo Q. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares– <i>Curvularia</i>	56
Anexo R. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares– <i>Diplodia</i>	56
Anexo S. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares– <i>Helminthosporium</i> ..	56
Anexo T. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares– <i>Phyllachora</i>	57
Anexo U. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares– <i>Puccinia</i>	57
Anexo V. Análisis de varianza: Floración femenina.....	57
Anexo W. Análisis de varianza: Floración masculina	58

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Validación de las características agronómicas, sanitarias y productivas de parentales de los híbridos de <i>Zea mays</i> INIAP H-551 e INIAP H-554
Autor:	Dayanna Yamilex Valero Guerrero
Palabras Clave:	Temperatura, precipitación, S4 B-523, S4 B-521, S4 B-520, S4 L-21-3-1-1-COM-2, CML-172
Fecha de publicación:	
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2024
Resumen:	El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, debido a esto la producción de híbridos de calidad es esencial para garantizar rendimientos altos y estables, resistencia a enfermedades y adaptación a diversas condiciones climáticas. Es por ello que en la presente investigación se realizó la validación de las características agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales de híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554 en la Estación Experimental Tropical Pichilingue ubicada en el Km 5 vía Quevedo – El Empalme, cantón Mocache, Provincia Los Ríos, considerando la temperatura y precipitación actuales en comparación con datos históricos de 1990 y 2020...
Abstract:	Corn is one of the most important crops worldwide, and because of this, the production of high-quality hybrids is essential to ensure high and stable yields, disease resistance, and adaptation to various climatic conditions. This is why the present research validated the agronomic, sanitary, and productive characteristics of the parent lines of the INIAP H-551 and INIAP H-554 maize hybrids at the Pichilingue Tropical Experimental Station located at Km 5 via Quevedo – El Empalme, Mocache canton, Los Ríos Province, considering current temperature and precipitation compared to historical data from 1990 and 2020...
Descripción:	69 hojas; dimensiones, 29 x 21 cm + CD – ROM 6162
URL:	

Introducción

Zea mays L. (maíz) es una planta tasa de actividad fotosintética, teniendo un alto potencial para producción de carbohidratos por unidad de superficie por día (Golik *et al.*, 2018). En el 2021 se sembraron 355 mil hectáreas en Ecuador con una producción estimada 1.38 millones de toneladas (Zambrano y Caviedes, 2022). Fue el primer cereal sometido a rápidas transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, tal como ha sucedido con la aparición de los híbridos (Golik *et al.*, 2018).

Los híbridos proporcionan a los agricultores variedades que poseen características genéticas mejoradas (MacRobert *et al.*, 2015). El mejoramiento genético es un factor crucial en el aumento de la productividad del maíz y en los ingresos de los productores a nivel mundial (Donnet *et al.*, 2012). El clima es el principal determinante de la productividad agrícola que impacta directamente en la producción de alimentos en todo el mundo, el sector agrícola es el sector más sensible a los cambios climáticos porque el clima determina la naturaleza y las características de los cultivos (Bhattacharya, 2019).

La agricultura depende de las condiciones ambientales, siendo muy sensible a la variabilidad y al cambio climático (FAO, 2018). El incremento de la temperatura es el principal factor que influye en el rendimiento del maíz, esto afecta su fisiología, acelera sus etapas de desarrollo, reduce sus fases fenológicas y su rendimiento (Ahumada *et al.*, 2014).

La alta sensibilidad de la floración en maíz a los eventos extremos de temperatura pone en riesgo su subsistencia en muchas zonas de cultivo actual (Gabaldón y Lorite, 2021). Para la floración, el maíz necesita temperaturas que estén en promedio de 20 a 30 °C con días soleados y noches frías (Ortigoza *et al.*, 2019). Cerca de la floración, el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser afectado si se produce sequía durante este período (Deras, 2020).

Las condiciones climáticas cambian constantemente y esto puede ocasionar alteraciones en las fases fenológicas de los cultivos destinados a la producción y exportación. Por ello el objetivo de esta investigación es validar las características agronómicas, sanitarias y productivas de parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La producción agrícola enfrenta desafíos significativos debido a la variabilidad climática, que afecta la calidad y el rendimiento de los cultivos, especialmente en el caso de los híbridos de maíz. La calidad de los parentales utilizados en la producción de estos híbridos es fundamental, estos determinan en gran medida la calidad de la semilla y, en última instancia, los rendimientos obtenidos por los agricultores. Sin embargo, los cambios en la temperatura y la precipitación pueden alterar las características agronómicas de los parentales, lo que afecta su sincronización floral y, por lo tanto, la calidad de la semilla producida. Este desbalance en las etapas de desarrollo, como la floración, la germinación, el llenado de granos y la madurez fisiológica, puede conducir a una menor uniformidad en el rendimiento y, en última instancia, a pérdidas económicas para los agricultores. Por lo tanto, es crucial abordar esta problemática para garantizar una producción consistente y de alta calidad que satisfaga las demandas del mercado y asegure la seguridad alimentaria a largo plazo.

La producción de híbridos de calidad es el primer paso para garantizar altos rendimientos a los agricultores. Los parentales usados para la producción de híbridos de maíz tienen un papel importante en la producción de semilla de calidad. Sin embargo, los cambios en la temperatura y la precipitación pueden influir en las características agronómicas de los parentales. Esto causaría variación en sus etapas de desarrollo, es decir, cambios en etapas importantes como la floración, ya que al retrasarse o adelantarse el proceso de floración habría un desbalance en la sincronización floral de los parentales. También podría afectar a procesos como la germinación, llenado de granos y madurez fisiológica.

Diagnóstico

La temperatura y la cantidad de precipitación son factores cruciales en el desarrollo del maíz, estos factores están en constantes variaciones debido al cambio climático. A medida que la temperatura cambia y la cantidad de precipitación varía, pueden afectar las características agronómicas de los parentales usados para la producción y la calidad de semilla híbrida de maíz.

Pronóstico

Si el cambio en la temperatura y la precipitación afecta las características agronómicas de los parentales de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554 provocará alteración en el ciclo de desarrollo del maíz, esto causaría retraso o aceleración de etapas como la germinación, floración e incluso la calidad de la semilla producida. Estas alteraciones en el ciclo de desarrollo podrían tener repercusiones significativas en la productividad y la rentabilidad de los agricultores que dependen de estos híbridos para obtener cosechas consistentes y de alta calidad. Por lo tanto, es esencial abordar estos riesgos y buscar estrategias adaptativas para mitigar los impactos negativos del cambio climático en la producción de maíz.

1.1.2. Formulación del problema

¿La variación de la temperatura y la cantidad de precipitación afectará las características agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales de los híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Afectará el cambio en la temperatura y precipitación a las características agronómicas de parentales de los híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554?
- ¿Afectará el cambio en la temperatura y precipitación la resistencia al ataque de enfermedades foliares en los parentales de los híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554?
- ¿Afectará el cambio en la temperatura y precipitación la producción de los parentales de los híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

- Evaluar las características agronómicas, sanitarias y productivas de parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Determinar las características agronómicas de los parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554.
- Identificar la severidad de enfermedades foliares en los parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554
- Determinar los parámetros productivos de los parentales de los híbridos de *Zea mays* INIAP H-551 e INIAP H-554.

1.3. Justificación

La producción de maíz es fundamental para la seguridad alimentaria, al ser uno de los granos más consumidos a nivel mundial hace que la producción de híbridos de calidad sea más estricta. La producción de semilla híbrida es el primer paso para obtener cultivos con altos rendimientos y resistentes al ataque de plagas y enfermedades. Los híbridos de calidad aseguran a los agricultores altos rendimientos en cosechas y bajas pérdidas por ataque de enfermedades.

El cambio en los factores climáticos como la temperatura y precipitación pueden causar alteraciones en las características agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales usados para la producción de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554, lo que causaría alteraciones en su ciclo de desarrollo y aparición de plagas, afectando así la producción de semillas. Los cambios en la temperatura y el incremento de precipitación pueden causar que se retrase la germinación, la floración, llenado de granos, producción y afectar la capacidad de la planta para resistir el ataque de enfermedades foliares.

El híbrido INIAP H-551 fue liberado hace 33 años, tiempo en el que han ocurrido variaciones en la temperatura, por esto es importante mantener ensayos de adaptabilidad de sus parentales. Al demostrar que las características agronómicas de sus parentales se ven afectadas por las variaciones de temperatura y precipitación se podrán establecer nuevos periodos de siembra para adaptarse a periodos climáticos similares, en el caso de la sincronización floral, puede establecerse una fecha de siembra en base a los resultados de los días a floración obtenidos en la presente investigación, ya que la variación de la temperatura y precipitación podría causar alteraciones en las fechas de floración de los parentales causando la descoordinación de la floración.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Híbridos

Un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra, los híbridos de maíz más comunes son los resultantes de cruza simple, triple y doble, un híbrido de cruza simple se genera mediante la cruza de dos líneas endogámicas; para crear uno de cruza triple se cruza un híbrido simple con una línea endogámica, y un híbrido de cruza doble se genera cruzando dos híbridos de cruza simple (MacRobert *et al.*, 2015).

2.1.2. Parentales

En la producción de híbridos de maíz, los parentales son variedades o líneas puras seleccionadas de manera rigurosa en base a sus características deseables tales como el rendimiento, resistencia a enfermedades, adaptación a diversos climas o características agronómicas específicas según se requieran (MacRobert *et al.*, 2015).

2.1.3. Temperatura

La temperatura es una media que nos indica el grado calor o frío de un objeto, ambiente o sustancia determinada. La temperatura puede influir en diversas variedades de eventos físicos, químicos o biológicos (Lozano, 2018).

2.1.4. Precipitación

Precipitación se refiere a cualquier forma de agua, ya sea líquida o sólida, que cae de la atmósfera y llega a la superficie de la Tierra. Es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo, en relación con su origen, pueden distinguirse los siguientes tipos: las ciclónicas son las provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón (la mayor parte del volumen de precipitación recogida en una cuenca se debe a este tipo de precipitaciones); las de convección se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente; son las tormentas de verano. La precipitación es un componente clave del ciclo hidrológico y es fundamental para el abastecimiento de agua dulce en la Tierra. (Lozano, 2018).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Maíz

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más importantes que sustentan la vida diaria, no solo proporciona carbohidratos para el consumo humano y animal, también sirve de componente básico para productos industriales (Ruan *et al.*, 2019). El maíz es principal en la nutrición humana, por su aporte nutricional y contenido de azúcares fermentables es utilizado en la preparación de bebidas artesanales o tradicionales (Rodríguez *et al.*, 2021).

El maíz es uno de los cultivos más importantes en todo el mundo, el cual constituye una de las fuentes principales de alimento de millones de personas, sobre todo en América y Asia; se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se expandieron por todo el mundo (Sánchez, 2014). En América Latina, el maíz cuenta con más de 250 razas y cultivares locales. Algunas razas latinoamericanas de altitud media tienen ciclos de cultivo de más de 10 meses, mientras que algunas precoces toman menos de 3 meses desde la siembra hasta la cosecha (Taba y Twumasi, 1997).

2.2.2. Clasificación taxonómica del maíz

La clasificación taxonómica del maíz se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cultivo de maíz

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Gramineas.
Género	Zea
Especie	mays

Fuente: Ortigoza *et al.*, 2019

2.2.3. Importancia del cultivo de maíz

El maíz es uno de los cultivos más sembrados en el mundo, se cultiva en más de 170 regiones a nivel mundial. La producción de maíz está altamente concentrada en ciertas regiones como América del Norte, Asia y América del Sur (Wang y Hu, 2021). El maíz es el cereal que más importancia ha tenido en el sector económico mundial durante todo el siglo XX y principios del XXI. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y, recientemente, para la obtención de etanol producción (Serratos, 2009).

La producción mundial de maíz se ha disparado en las últimas décadas, impulsada por el aumento de la demanda y una combinación de avances tecnológicos, aumentos en el rendimiento y expansión del área (Erenstein *et al.*, 2022). El maíz es uno de los principales granos en el Ecuador, en el país este grano se viene cultivando desde hace siglos y es una importante fuente de ingreso para las familias ecuatorianas dedicadas a la agricultura (Farmagro, 2018).

2.2.4. Descripción botánica

2.2.4.1. Raíz.

Sus raíces son fasciculadas y robustas, su misión es aportar alimento y servir de anclaje para la planta y se refuerza con la presencia de raíces adventicias (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.2.4.2. Tallo.

El tallo central es un eje formado por nudos y entrenudos, la parte inferior y del tallo tiene entrenudos cortos de los que salen las raíces principales y los brotes (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.2.4.3. Hojas.

Están formadas por vaina, cuello y lámina; la vaina es una estructura cilíndrica abierta hasta la base y sale de la parte superior del nudo; el cuello es la zona de transición entre la vaina y la lámina abierta (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.2.4.4. Flores.

Tiene flores masculinas y femeninas separadas en una misma planta; la flor masculina tiene forma de panícula y está ubicada en la parte superior de la planta mientras que la flor femenina se ubica a media altura de la planta (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.2.4.5. Mazorca.

La mazorca es una espiga cilíndrica que se desarrolla mediante la acumulación de productos en la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta en la inflorescencia femenina que se denomina espiga (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.2.5. Enfermedades.

El maíz es afectado por diversas enfermedades entre las que destacan las siguientes; roya común (*Puccinia sorghi*), mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* y *Monographella maydis*), Necrosis vascular y marchitez tardía (*Acremonium strictum*), Pudrición de tallo por antracnosis, Pudrición de mazorca por *Penicillium*, Pudrición de mazorca por *Nigrospora*, *Cercospora*, *Curvularia*, *Helminthosporium*, entre otras enfermedades (Programa de Maíz del CIMMYT, 2004).

2.2.6. Requerimientos climáticos

2.2.6.1. Agua.

El maíz necesita durante todo su ciclo entre 500 y 700 mm de precipitación, sobre todo en su fase de floración y llenado de grano (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.2.6.2. Clima.

Para la germinación necesita una temperatura media de 10 °C; para su crecimiento necesita temperaturas de entre 15 °C y 30 °C, mientras que para su floración necesita temperaturas estén entre los 20 °C y 30 °C (Ortigoza *et al.*, 2019).

2.2.7. Tipos de híbridos

En el caso del maíz, existen varios tipos de híbridos, como el híbrido simple, híbrido triple, híbrido doble e híbrido mestizo. Cada tipo de híbrido tiene una configuración parental distinta, pero en todos los casos la semilla híbrida que se vende es una cruce entre dos progenitores: un parental femenino y uno masculino. Como los órganos masculino y femenino del maíz están separados, resulta fácil hacer una cruce entre dos plantas (MacRobert *et al.*, 2015).

En un campo de producción de semilla híbrida, los masculino y femenino son sembrados siguiendo un diseño de surcos consecutivos, y normalmente el número de plantas o parentales femeninos es de tres a seis veces mayor que el número de plantas o parentales masculinos. La flor masculina conocida como la espiga es retirada (desespigada) antes de la producción de polen, a fin de que el polen que llegue a la flor femenina (la mazorca) del parental femenino provenga únicamente de las espigas de los parentales masculinos (MacRobert *et al.*, 2015).

Es necesario eliminar la espiga del parental femenino a fin de que su polen no polinice los estigmas femeninos. Cuando esto llega a ocurrir, es decir, un proceso conocido como “autofecundación femenina”, el resultado es una pérdida de la calidad de la semilla que se genera, y eso se aprecia claramente en el cultivo que se produce al sembrar esa semilla. Por tanto, la autofecundación femenina debe evitarse por todos los medios (MacRobert *et al.*, 2015).

2.2.8. Híbrido INIAP H-551

Es un híbrido triple, formado por tres líneas endogámicas (S_4 B-523 X S_4 B-521) X S_4 B-520. Estas dos líneas provienen de diferentes maíces básicos de amplia base genética. El híbrido fue liberado por la EET-Pichilingue en el año 1990 y hasta ahora es preferido por muchos agricultores del litoral ecuatoriano (Crespo *et al.*, 1990).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), pone a disposición de los agricultores de la zona central del litoral, su primer híbrido convencional denominado INIAP H-551 (Crespo *et al.*, 1990).

2.2.9. Híbrido INIAP H-554

INIAP H-554, es un híbrido convencional simple, resultado del cruce entre la línea S₄ L-21-3-1-1-COM-2 (progenitor femenino), obtenida por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) y la línea CML-172 (progenitor masculino), introducida del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Caicedo y Villavicencio, 2020).

Durante los años 2010 a 2012, se evaluaron las líneas progenitoras. Entre 2013 a 2019, se evaluó el híbrido en 38 ensayos en diferentes Estaciones, Granjas Experimentales y campo de productores, en las épocas lluviosa y seca con riego o bajo condiciones de humedad remanente (Caicedo y Villavicencio, 2020).

Entre 2017 y 2019 se evaluó su adaptación y producción en lotes comerciales. El híbrido INIAP H-554, se desarrolló para las principales zonas maiceras de las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí, Santa Elena y Loja, desde los 18 hasta 760 msnm, con temperaturas que variaron entre los 21 y 33 °C, con precipitaciones que fluctuaron desde los 200 hasta 2567 mm (Caicedo y Villavicencio, 2020).

2.2.10. Clases de semilla

Las "clases de semilla" se refieren a las categorías en las que se clasifican según criterios específicos, como el tamaño y la calidad genética. La producción de semilla incluye varias etapas consecutivas, lo primero que hay que hacer es preparar semilla original de las líneas endogámicas iniciales y para hacer esto, los mejoradores realizan una polinización manual controlada con el fin de asegurar la pureza y la identidad genética (MacRobert *et al.*, 2015).

La semilla original producida es mezclada durante varias generaciones sucesivas con el fin de producir una cantidad que sea suficiente para generar el híbrido final, es decir la semilla. Las generaciones en que se mezcla la semilla se conocen como "clases de semilla" y son realizadas siguiendo las normas nacionales que regulan la producción de semilla en cada país. Es posible que con cada generación la pureza genética disminuya, pero si se siguen los procedimientos estrictamente, esta disminución será mínima y de esta forma crear híbridos de alta calidad (MacRobert *et al.*, 2015).

2.2.11. Cambio climático

El cambio climático afecta a todos los países y tiene un impacto negativo en la vida de las personas, las comunidades y los países, las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por las actividades humanas hacen que esta amenaza aumente (Paricahua, 2021).

Se espera que el cambio climático afecte negativamente las prácticas agrícolas de Irán a través de cambios en las precipitaciones, la temperatura y la fertilización con dióxido de carbono (Karimi *et al.*, 2018). La agricultura es vulnerable al cambio climático, por lo tanto, se requieren medidas de adaptación para sostener la productividad agrícola, reducir la vulnerabilidad y mejorar la resistencia del sistema agrícola al cambio climático (Aryal *et al.*, 2020).

2.2.12. Revisión histórica del tema en estudio

En una investigación realizada en 2021, se evaluó el efecto de la temperatura ambiental en el rendimiento y la fenología del cultivo de maíz amarillo duro, durante los meses de desarrollo de la investigación se presentaron temperaturas con un máximo de 20°C, dando como resultado que el desarrollo fenológico del cultivo fuera de 185 días, mientras la floración masculina y femenina presentaron una diferencia de 3 días. Durante la investigación que fue realizada entre los meses de junio a diciembre se registraron temperaturas que oscilaron entre 15°C a 20°C en todo el proceso de desarrollo del cultivo, esto se relaciona con la obtención de bajos rendimientos de 7.42 t/ha lo que no coincidió con lo esperado por la genética del híbrido DEKALB 7508 que tiene un promedio de 15 t/ha y se determinó que el rendimiento obtenido en la investigación se vio afectado por factores climáticos de temperatura, también la influencia de la temperatura retrasó la fase de crecimiento vegetativo de maíz que duró 76 días; de la misma forma afectó la fase de floración y fecundación que tuvo una duración de 18 días (Campos, 2021).

En la investigación realizada por Granados y Sarabia en 2013 tenían como objetivo realizar un análisis de las posibles alteraciones que puede traer consigo el cambio climático en la fenología del maíz, determinaron que el crecimiento vegetativo del maíz en temperaturas entre 13.6 y 14.5 °C son poco favorables para el desarrollo ya que en esta fase el maíz necesita una temperatura mínima de 15 °C (Granados y Sarabia, 2013).

En la investigación realizada por Guzmán en 2017 con el objetivo de aportar y generar datos sobre el ciclo de cultivo de maíz en las condiciones climáticas del cantón Cumandá provincia de Chimborazo con temperatura media de 25.03 °C y precipitación 6.48 mm, las etapas fenológicas del cultivo de maíz que se presentaron en el cantón Cumandá fueron para la etapa inicial 21 días, etapa de desarrollo 44 días, etapa intermedia 42 días y la etapa final 34 días, teniendo un total de 141 días desde la siembra hasta la cosecha lo que difiere con el estudio presentado por la FAO para el clima árido, el estudio para la etapa inicial presenta 25 días, la etapa de desarrollo 40 días, la etapa intermedia 45 días y la etapa final 30 días, teniendo un total de 140 días desde la siembra hasta la cosecha (Guzmán, 2017).

En una investigación donde se evaluó la producción de maíz con estrés hídrico en diferentes etapas de desarrollo, las condiciones climáticas en los dos años estudiados fueron contrastantes, el año 2009 y 20110 (año «Niño») estuvo caracterizado por precipitaciones abundantes durante el ciclo del cultivo. El rendimiento potencial de maíz sin estrés hídrico fue de 13.200 y 15.300 kg/ha para los dos años estudiados, los que presentaron características climáticas contrastantes. Las pérdidas de rendimiento en grano por estrés hídrico durante el PC fueron de 47 y 50% del rendimiento potencial. En el llenado de grano se generó disminuciones del rendimiento cercanas a 30% y las deficiencias acumuladas en la etapa vegetativa provocaron un descenso del rendimiento de 56%. Las pérdidas de rendimiento en grano por estrés hídrico fueron de 47 y 50% del rendimiento potencial, en el caso de la ocurrencia de deficiencias hídricas durante la etapa de llenado de grano la disminución del rendimiento varió entre 29 y 31% (Giménez, 2012).

Una investigación realizada de la Universidad Técnica Estatal de Babahoyo 2019 tenía como objetivo evaluar tolerancia del cultivo de maíz a diferentes condiciones de inundación, para la determinación del tiempo de drenaje donde el maíz se sometió a diferentes condiciones de inundación; el rendimiento del maíz S-810 se vio afectado por la aplicación de una lámina de agua durante 72 horas, obteniendo 6.03 t/ha. En comparación con el testigo, el cual produjo 8.8 t/ha. Las aplicaciones de láminas de agua de: 12, 24, 36, 48 y 60 horas ejercieron influencia poco negativa sobre el comportamiento agronómico del maíz el rendimiento se vio afectado por la aplicación de una lámina de agua durante 72 horas, obteniendo 6.03 t/ha; el comportamiento agronómico del maíz se vio afectado en aspectos como: volumen de raíz, longitud de mazorca, plantas asfixiadas, número de plantas y mazorca cosechadas (Caicedo *et al.*, 2019).

Una investigación realizada en 2008 con el objetivo de comparar la respuesta a la sequía, en términos de crecimiento vegetativo, desarrollo reproductivo y la acumulación de materia seca, de cuatro variedades de maíz sometidas a diferentes niveles de estrés hídrico; Las variedades fueron: Zacatecas 58 original (Zo), Cafime original (Co), Zacatecas 58 SM19 (Z19) y Cafime SM16 (C16). Los niveles de sequía se aplicaron cuando el suelo llegó al punto de marchitez permanente, siendo éstos: 4, 10 y 20 días de sequía. El crecimiento se detuvo por efecto de la sequía en las cuatro variedades, El número de días a floración y asincronía fue mayor en Z19 y C16 que Zo y Co; en el índice de cosecha, las variedades originales disminuyeron menos que las mejoradas; mientras que, la biomasa fue menos afectada en las variedades mejoradas que en las originales conforme se prolongó el periodo de sequía (Avendaño *et al.*, 2007).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se realizó en los predios de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP) ubicado en el Km 5 vía Quevedo – El Empalme, cantón Mocache, Provincia de Los Ríos con coordenadas geográficas de 1°01'43' " S y 79°30'20" O, con altitud de 75 metros sobre el nivel del mar.

3.1.1. Datos meteorológicos registrados durante el ensayo

Datos meteorológicos registrados los meses de enero a abril, obtenidos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (Tabla 2).

Tabla 2

Temperatura y precipitación registradas durante el ensayo

Datos meteorológicos - 2024				
Meses	T. Máxima	T. Mínima	T. Media	Precipitación (mm)
Enero	28.9	23.7	26.3	595.1
Febrero	30.6	23.7	27.2	674.7
Marzo	30.9	24.0	27.4	305.2
Abril	30.3	23.8	27.0	370.2

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2024

3.1.2. Datos meteorológicos registrados en los años 1990 y 2020

Datos meteorológicos registrados en el 1990, año en el que fue liberado el híbrido INIAP H-551 (Tabla 3) y del año 2020, año en el que fue liberado el híbrido INIAP H-554 (Tabla 4).

Tabla 3

Temperatura y precipitación registradas en el año 1990

Datos meteorológicos		
Meses	Temperatura Media	Precipitación (mm)
Enero	25.6	184.00
Febrero	25.6	558.90
Marzo	26.4	226.30
Abril	26.0	218.10

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2024

Tabla 4*Temperatura y precipitación registradas en el año 2020*

Datos meteorológicos - 2020		
Meses	Temperatura Media	Precipitación (mm)
Enero	26.00	289.20
Febrero	26.30	826.60
Marzo	25.30	384.50
Abril	-	-

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2023

3.2. Tipo de Investigación

El proyecto de investigación es de tipo experimental realizada en condiciones de campo, donde se validó las características agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales de híbridos de maíz en las condiciones ambientales actuales.

3.3. Método de investigación

- Se empleó el método analítico para analizar y evaluar las características agronómicas mediante mediciones precisas como la altura de planta, el número de hojas y para identificar la severidad enfermedades foliares.
- Se utilizó el método de observación para validar los datos de los parentales como la altura, días a floración, severidad de enfermedades foliares, acame de tallo, entre otras variables a ser evaluadas.
- Se implementó el método deductivo para obtener conclusiones significativas basadas en las variables agronómicas, sanitarias y productivas evaluadas en los parentales de los híbridos de maíz.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Para el presente proyecto de investigación se utilizaron como fuentes primarias los datos obtenidos mediante observación directa y como fuentes secundarias se usó información obtenida de revistas, artículos científicos, tesis de pregrado y fichas técnicas.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factores de estudio

Se evaluaron las variables agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales masculinos y femeninos de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554.

3.5.2. Tratamientos

Los tratamientos están constituidos por los parentales masculinos y femeninos de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554 (Tabla 5) y distribuidos según se indica en el Anexo 2.

Tabla 5

Tratamientos a utilizarse en el ensayo

Tratamientos		Descripción
T1	S ₄ B-523	Parental femenino del híbrido H-551
T2	S ₄ B-521	Parental masculino del híbrido H-551
T3	S ₄ B-520	Parental masculino del híbrido H-551
T4	S ₄ L-21-3-1-1-COM-2	Parental femenino del híbrido H-554
T5	CML-172	Parental masculino del híbrido H-554

Elaborado: Autora

3.5.3. Diseño experimental

En la investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) que constó de cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El ADEVA correspondiente a la investigación se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6*Análisis de varianza (ADEVA) del diseño de bloques completos al azar (DBCA)*

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	4
Repeticiones	3
Error	12
Total	19

Elaborado: Autora

3.5.4. Unidad Experimental

Se contó con 20 unidades experimentales, cada parcela mide 5x5 metros, y la distancia de siembra fue de 0.80m entre surcos y 0.20m entre plantas. (Tabla 7).

Tabla 7*Unidad experimental de las parcelas del ensayo*

Descripción	Unidad
Número de repeticiones	4
Número total de tratamientos	5
Área total del experimento	639.2 m ²
Área neta del experimento	480 m ²
Distancia entre hileras	0.80 m
Distancia entre plantas	0.20 m
Numero de surcos por tratamiento	6
Número de surcos útiles	2
Numero de surcos borde	2

Elaborado: Autora

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Preparación de suelo.

Previo a la siembra se realizó preparación del terreno utilizando un rotocultor, para posteriormente pasar el romplow en dos ocasiones.

3.6.1.2. Siembra.

Se realizó de forma manual usando espeques a una distancia de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras sembrando una semilla por sitio.

3.6.1.3. Manejo de malezas.

Se realizó control pre emergente aplicando Glifosato en dosis de 2.5 l/ha, también se utilizó un control mecánico (chapia).

3.6.1.4. Fertilización.

Para la fertilización del cultivo se aplicó el fertilizante edáfico 10-30-10 (Nitrógeno, fósforo, potasio) en dosis de 150 kg/ha. La primera aplicación se realizó 15 días después de la siembra y la segunda aplicación se realizó a los 45 días después de la siembra.

3.6.1.5. Manejo de plagas.

Se desinfectó la semilla con Thiodicarb en dosis de 10 cc/kg de semilla.

3.6.1.6. Cosecha y Producción.

La cosecha se realizó una vez que el cultivo cumplió con su madurez fisiológica alrededor a los 110 días después de la siembra.

3.6.2. Variables evaluadas

3.6.2.1. Porcentaje de germinación.

Se evaluó 8 días después de la siembra, contando la cantidad de plantas emergidas totalmente en las dos hileras evaluadas, multiplicando el número de plantas emergidas por la cantidad de plantas que representarían el 100% y este resultado dividido para 100.

3.6.2.2. Altura de planta (m).

Se midieron 10 plantas al azar desde el suelo hasta la base de la espiga. Se eligieron las plantas sin tomar en cuenta las de los bordes y se midió la altura con una cinta métrica.

3.6.2.3. Altura de inserción mazorca (m).

Se midió con una cinta métrica desde el suelo hasta el nudo de la mazorca más alta en 10 plantas elegidas al azar de las hileras centrales a los 90 días después de la siembra.

3.6.2.4. Acame de tallo (%).

Se observaron y contaron el número de plantas con acame de tallo, es decir, cuando el tallo se rompió por debajo de la mazorca dos semanas antes de la cosecha.

3.6.2.5. Acame de raíz (%).

Se observó y contó el número de plantas acamadas de raíz, es decir, cuando la parte más baja del tallo formó un ángulo de 45° con la superficie del suelo dos semanas antes de la cosecha.

3.6.2.6. Severidad de enfermedades foliares.

Se realizó transcurridos 80 días después de la siembra y se usó la escala propuesta por CIMMYT para evaluar las enfermedades; *Cercospora*, *Curvularia*, *Diplodia*, *Helminthosporium*, *Phyllachora* y *Puccinia*, en escala del 1 al 5 donde 1 significa la ausencia de la enfermedad y 5 significa síntomas severos de la enfermedad (Anexo 1).

3.6.2.7. *Días a floración femenina.*

Los días a floración femenina se estableció desde la siembra hasta que el 50% de plantas hayan emergido los estigmas. Para esto se realizaron visitas diarias al cultivo a partir del día 45 después de la siembra para verificar de manera visual el inicio de la floración femenina.

3.6.2.8. *Días a floración masculina.*

Los días a floración masculina se establecieron desde siembra hasta que el 50% de la población liberó polen. Para esto se realizaron visitas diarias al cultivo a partir del día 45 después la siembra para verificar de manera visual el inicio de la floración masculina.

3.6.2.9. *Numero de hileras en la mazorca.*

Se contó el número de hileras en la parte central de la mazorca más alta (10 mazorcas).

3.6.2.10. *Peso de 5 mazorcas.*

Se cosecharon las hileras centrales y se eligieron al azar 5 mazorcas, se registró su peso con tusa y luego se realizó el desgrane para registrar su peso sin tusa.

3.7. Tratamiento de los datos

Se utilizaron 5 tratamientos que están constituidos por los parentales de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554. Los datos fueron tabulados en el programa InfoStat y se realizó la prueba de Tukey al 5%, para la separación de promedios se utilizó un análisis de varianza para evaluar la significancia estadística entre los tratamientos.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. *Recursos humanos*

- Director del proyecto de investigación Ing. Vera Avilés Daniel Federico, PhD.
- Estudiante responsable del proyecto de investigación.

3.8.2. *Materiales*

- Cinta métrica
- Lapiceros
- Libreta de apuntes
- Hojas blancas tamaño A4
- Determinador de humedad
- Balanza digital

3.8.2.1. *Material Vegetal.*

Parentales del híbrido INIAP H-551

- S₄ B-523
- S₄ B-521
- S₄ B-520

Parentales del híbrido INIAP H-554

- S₄ L-21-3-1-1-COM-2
- CML-172

3.8.2.2. *Materiales de oficina.*

- Computadora
- Impresora
- Hojas A4

3.8.2.3. *Materiales de campo.*

- Espeques
- Palas
- Machetes
- Bomba de mochila
- Estacas
- Letreros
- Sacos

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

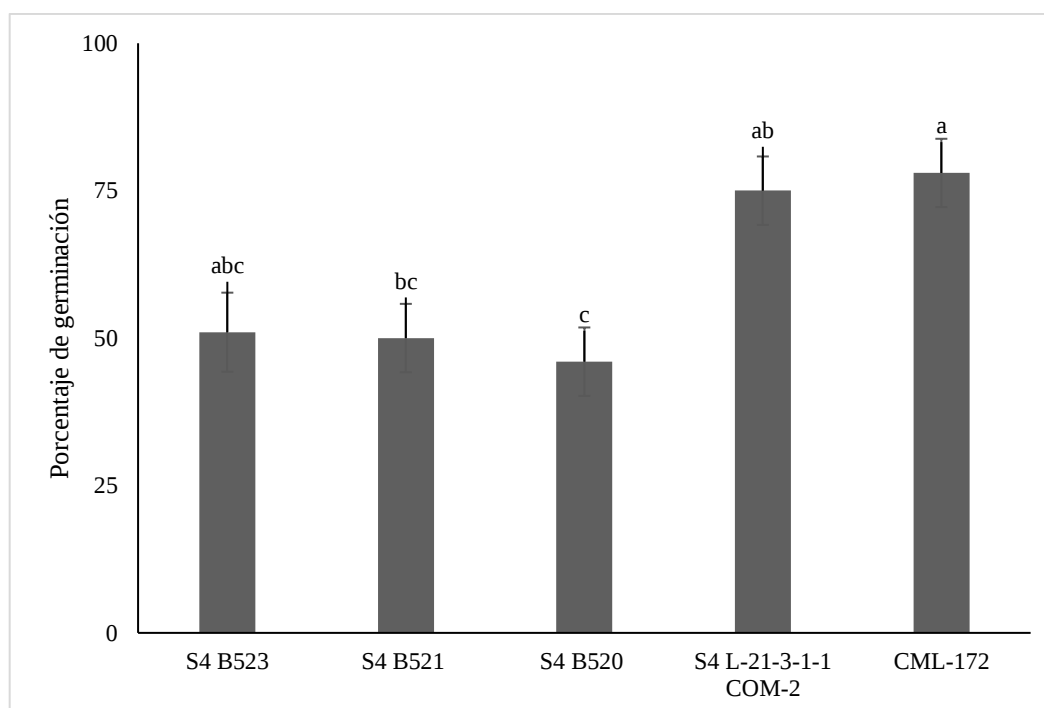
4.1.1. Porcentaje de germinación

Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variación de 19.28%.

Efectuada la prueba de Tukey, los parentales S₄ L-21-3-1-1-COM-2 y CML-172 presentaron mayor promedio de porcentaje de germinación con 75% y 78%, estadísticamente superiores a los parentales S₄ B-523, S₄ B-521, S₄ B-520, que presentaron porcentajes de 51%, 50% y 46% de germinación según se muestra en el Figura 1.

Figura 1

Porcentaje de germinación de maíz 8 días después de la siembra



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

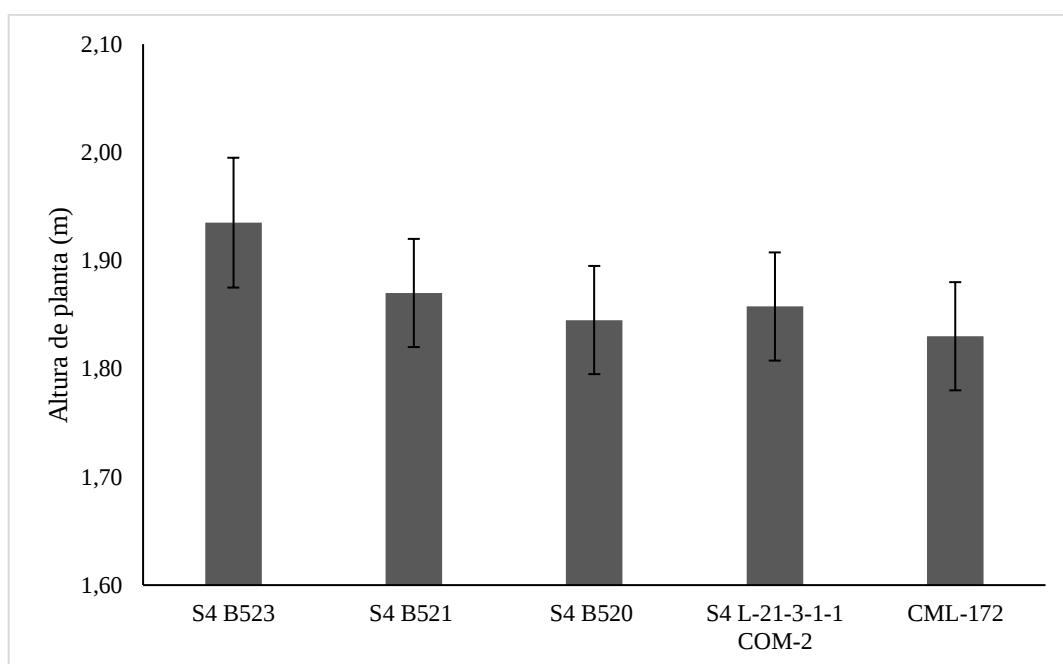
4.1.2. Altura de planta

Realizado el análisis de varianza no se encontró significancia estadística entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variación de 5.27%.

Efectuada la prueba de Tukey, los tratamientos no presentaron significancia estadística con valores entre 1.94m y 1.83m con respecto a la variable de altura de planta según se muestra en el Figura 2.

Figura 2

Altura de planta en la validación de las características de parentales de maíz



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

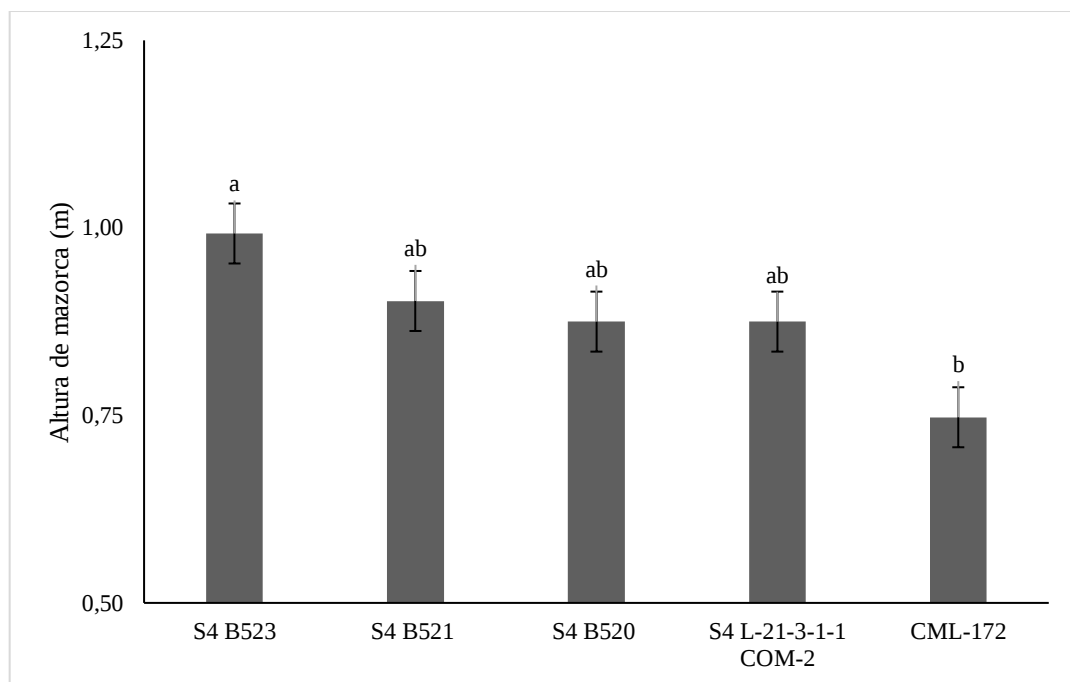
4.1.3. Altura de inserción mazorca

Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variación de 8.28%.

Efectuada la prueba de Tukey, el parental S₄ B-523 presentó el mayor promedio de altura de inserción de mazorca con un valor de 0.98m, estadísticamente igual a los parentales S₄ B 521, S₄ B520 y S₄ L-21-3-1-1-COM-2 que presentaron promedios de 0.90m y 0.88m respectivamente; pero superior al CML-172 con promedio de 0.75m de altura de inserción mazorca (Figura 3).

Figura 3

Altura de la inserción de la mazorca en la validación de las características de parentales de maíz



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

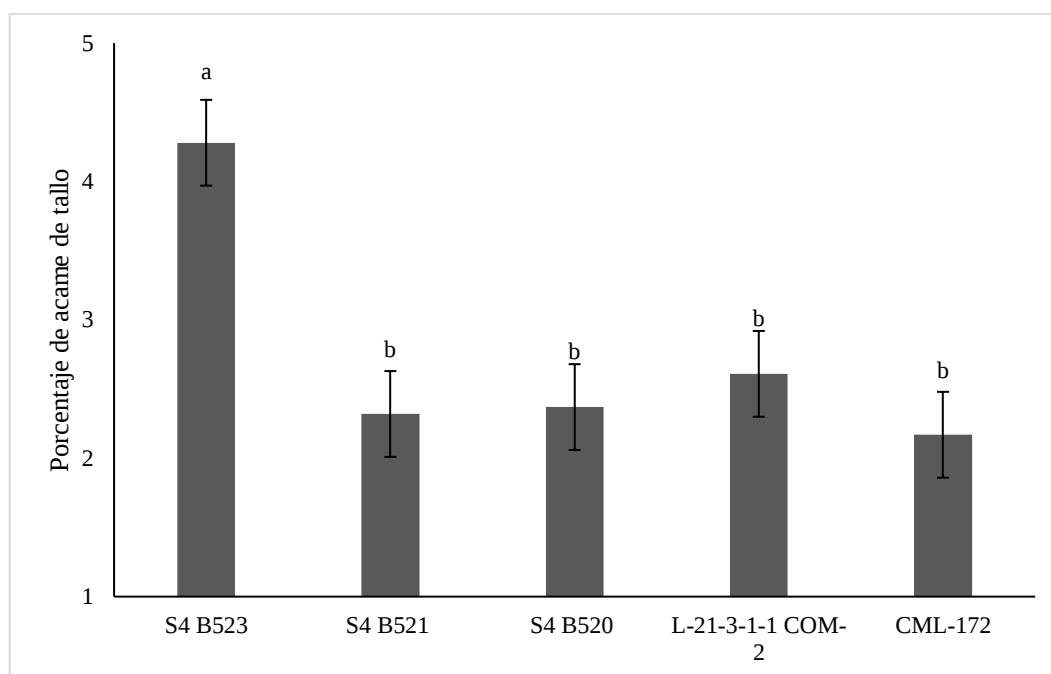
4.1.4. Acame de tallo

Realizado el análisis de varianza, los tratamientos presentaron significancia estadística siendo el coeficiente de variación de 12.33%.

Efectuada la prueba de Tukey, el parental S4 B-523 presentó el mayor porcentaje de acame de tallo con un 4.28%, estadísticamente superior a los demás tratamientos que presentaron promedios entre 2.17% y 2.61 % según se indica en el Figura 4.

Figura 4

Porcentaje de plantas con acame de tallo evaluadas 2 semanas antes de la cosecha



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

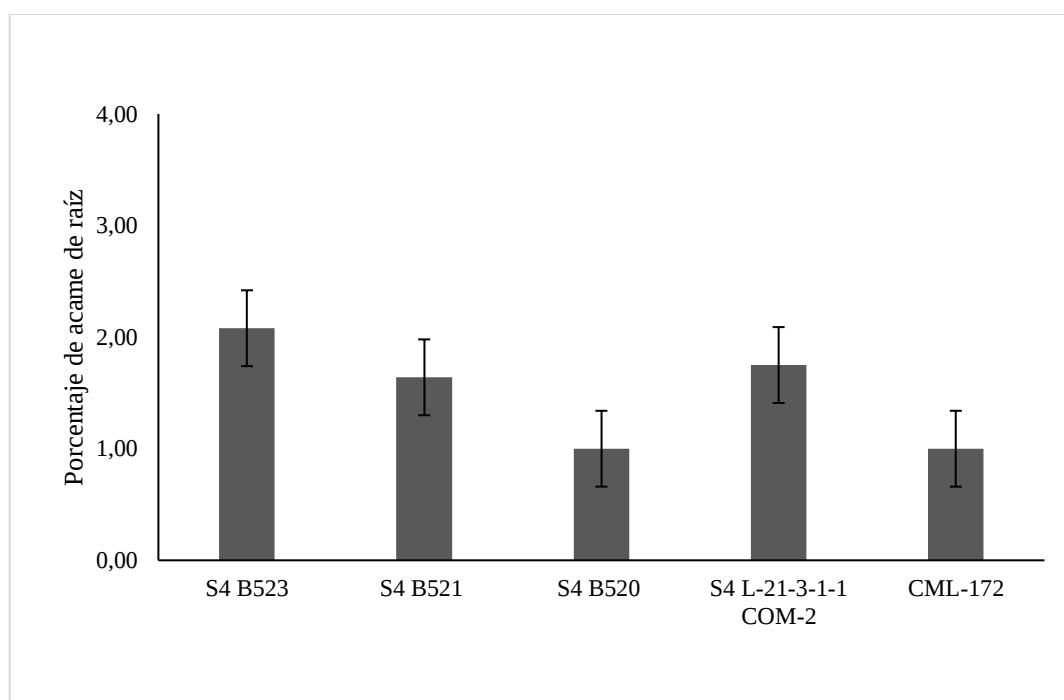
4.1.5. Acame de Raíz

Realizado el análisis de varianza, los tratamientos no presentaron significancia estadística siendo el coeficiente de variación de 15.56%.

Efectuada la prueba de Tukey, los tratamientos no presentaron significancia estadística, estos presentaron promedios entre 1.0% y 2.08% de acame de raíz según se indica en la Figura 5.

Figura 5

Porcentaje de plantas con acame de raíz evaluadas 2 semanas antes de la cosecha



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

4.1.6. Severidad de enfermedades foliares

Realizado el análisis de varianza, los tratamientos no presentaron significancia estadística en la severidad de enfermedades foliares, siendo el coeficiente de variación para *Cercospora* de 31.85%, *Curvularia* 27.95%, *Diplodia* 28.70%, *Helminthosporium* 29.87%, *Phyllachora* 0.00% y *Puccinia* 24.58%.

Efectuada la prueba de Tukey, se obtuvo que la severidad de *Cercospora* se mantuvo entre promedios de 3.00 y 2.88 en la escala de severidad en todos los parentales; según la escala de severidad estos valores indican síntomas leves de la enfermedad (Figura 6).

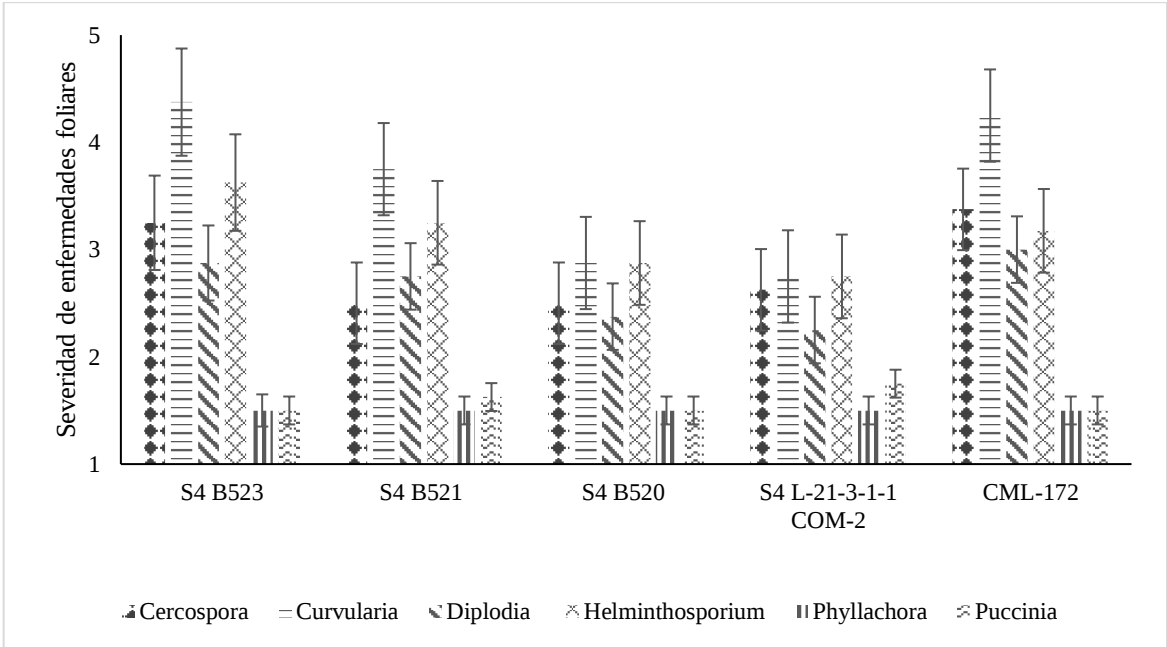
Por otro lado, *Curvularia* presentó promedios de 4.00 y 3.75 en los tratamientos S₄ B523 y CML-172. El parental S₄ B521 presentó un promedio de 3.25, mientras que los tratamientos S₄ B520 y S₄ L-21-3-1-1-COM-2 presentaron valores de 2.38 y 2.25 respectivamente lo que significa síntomas severos de la enfermedad según la escala de severidad (Figura 6).

Diplodia se mantuvo en valores entre 2.50 y 1.75; *Helminthosporium* se presentó en valores entre 3.00 y 2.25, estos valores indican síntomas leves de la enfermedad según la escala de severidad (Figura 6).

Phyllachora no presentó valores significativos de severidad, manteniéndose en un promedio de 1.00 en todos los parentales. Finalmente, *Puccinia* presentó valores entre 1.13 y 1.00 esto según la escala de severidad significa ausencia de la enfermedad (Figura 6).

Figura 6

Severidad de enfermedades foliares en escala del 1 al 5



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

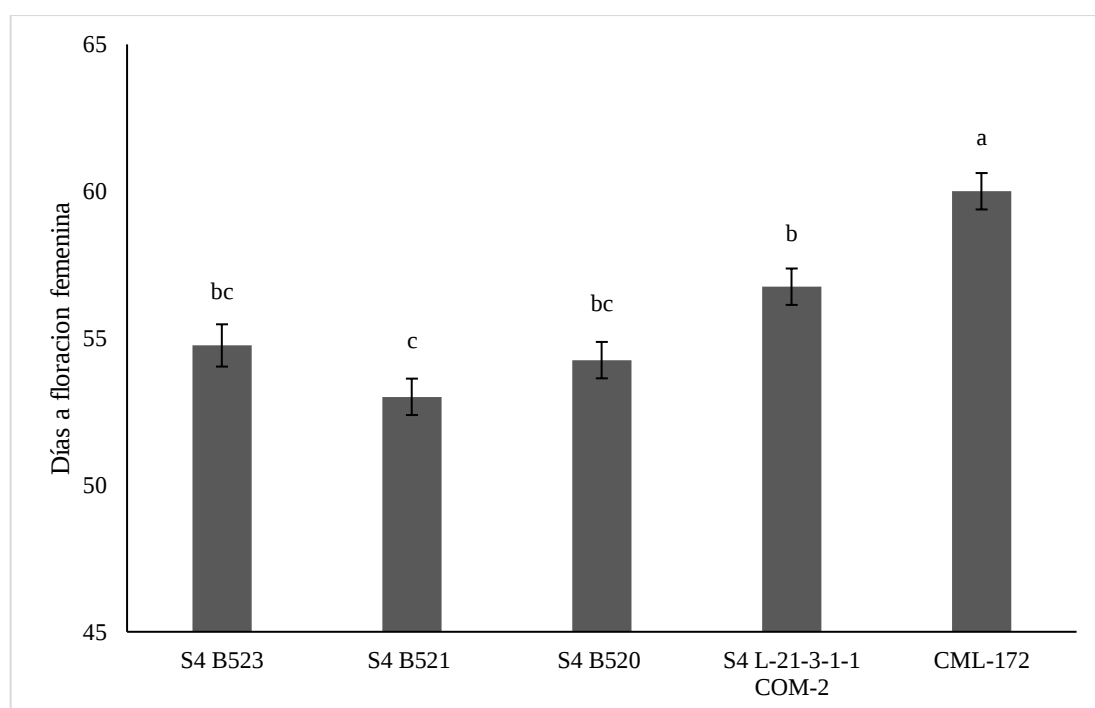
4.1.7. Floración femenina

Realizado el análisis de varianza, los tratamientos presentaron significancia estadística siendo el coeficiente de variación de 2.23%.

Efectuada la prueba de Tukey, el parental CML - 172 necesitó 60 días a partir de la siembra para emitir sus estigmas, siendo estadísticamente superior a los tratamientos demás parentales; el parental S₄ L-21-3-1-1-COM-2 necesitó 57 días, los parentales S₄ B523 y S₄ B520 necesitaron 55 y 54 días, mientras el S₄ B521 emitió sus estigmas 53 días después de la siembra (Figura 7).

Figura 7

Días transcurridos desde la siembra hasta la floración femenina



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

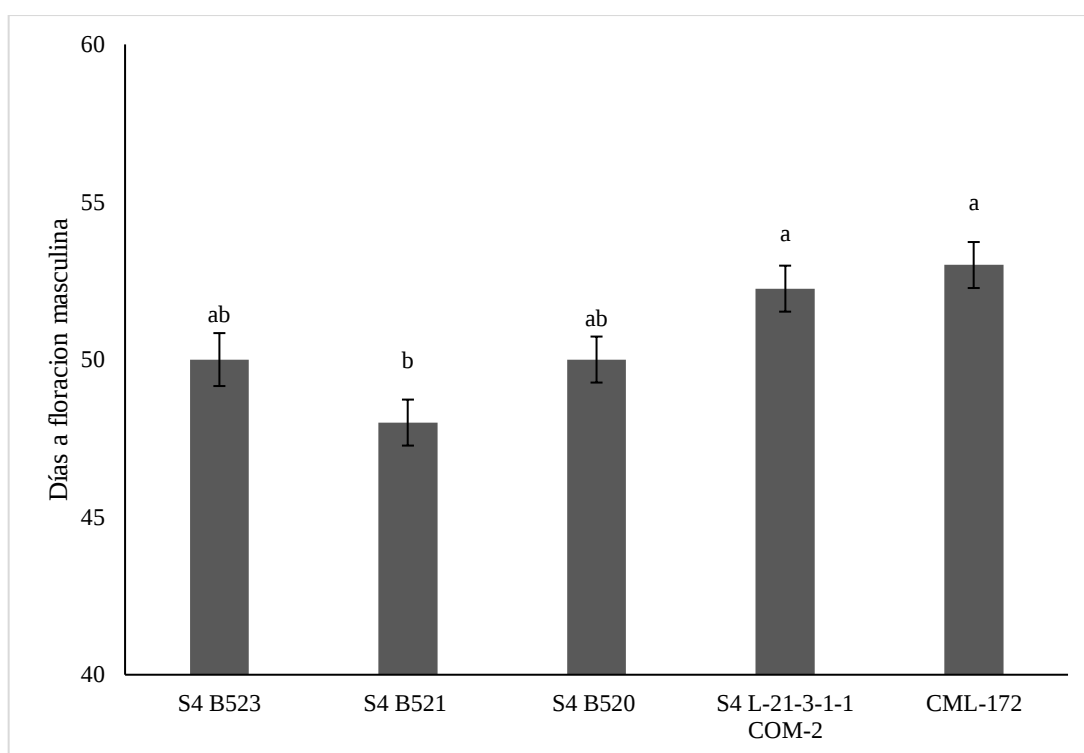
4.1.8. Floración masculina

Realizado el análisis de varianza, los tratamientos presentaron significancia estadística siendo el coeficiente de variación de 2.87%.

Efectuada la prueba de Tukey, se obtuvo que los parentales S₄ L-21-3-1-1-COM-2 y CML-172 necesitaron 52 y 53 días a partir de la siembra para emitir su espiga, siendo estadísticamente superiores a los demás; los parentales S₄ B523 y S₄ B520 necesitaron 50 días, mientras que el parental S₄ B521 emitió sus espigas transcurridos 48 días desde de la siembra (Figura 8).

Figura 8

Días transcurridos desde la siembra hasta la floración masculina



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

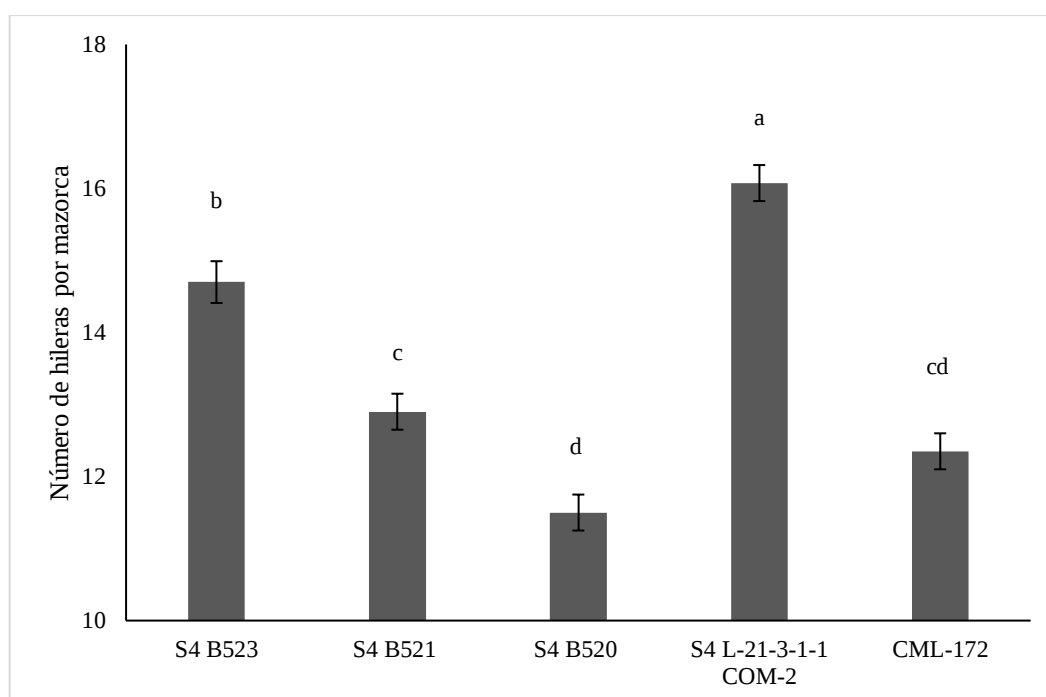
4.1.9. Numero de hileras por mazorca

Realizado el análisis de varianza, los tratamientos presentaron significancia estadística siendo el coeficiente de variación de 3.77%.

Efectuada la prueba de Tukey, se obtuvo que el parental S₄ L-21-3-1-1-COM-2 presentó mayor número de hileras por mazorca con un promedio de 16.08, siendo estadísticamente superior a los demás; el parental S₄ B-523 presentó un promedio de 14.87 mientras que los parentales S₄ B521, S₄ B520 y CML-172 presentaron promedios bajos con 12.90, 11.50 y 12.35 respectivamente (Figura 9).

Figura 9

Número de hileras en la parte central de la mazorca más alta



Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las barras representan el error estándar.

4.1.10. Peso de 5 mazorcas

La cosecha se realizó transcurridos 111 días después de la siembra, se eligieron 5 mazorcas al azar de las hileras centrales y se registró su peso. El peso de 5 mazorcas con tusa en los parentales S₄ B520 y S₄ L-21-3-1-1-COM-2 fueron estadísticamente superiores a los demás con 774g y 681g respectivamente, en el peso de los granos sin tusa fueron superiores los tratamientos S₄ B520 y S₄ L-21-3-1-1-COM-2 con peso de 606g y 535g (Tabla 8).

Tabla 8

Peso de 5 mazorcas de maíz

PRODUCCIÓN g					Humedad (%)
Tratamiento	Con tusa		Sin tusa		
S4 B523	518	b	391	b	21.07
S4 B521	561	b	445	b	24.90
S4 B520	774	a	606	a	22.97
S4 L-21-3-1-1 COM-2	681	a	535	a b	23.87
CML-172	506	b	376	b	24.02

Nota:

T1: S4 B523 Parental femenino del híbrido INIAP H-551, T2: S4 B521 Parental masculino híbrido INIAP H-551, T3: S4 B520: Parental masculino híbrido INIAP H-551, T4: S4 L-21-3-1-1 COM-2: Parental femenino híbrido INIAP H-554, T5: CML-172: Parental masculino híbrido INIAP H-554.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2. Discusión

Los cambios de temperatura y precipitación pudieron ser un factor crucial en el desarrollo de las características agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales evaluados, los cuales muestran variaciones significativas en variables como el porcentaje de germinación, altura de planta, floración, acame de tallo y raíz, entre otras.

Los tratamientos sufrieron fuertes variaciones en relación al porcentaje de germinación, en la presente investigación se obtuvieron porcentajes de 51%, 50% y 46% para los parentales S₄ B-523, S₄ B-521 y S₄ B-520, del híbrido INIAP H-551 en comparación con la prueba de

germinación realizada por el departamento de Unidad de Beneficio de Semilla de la EET Pichilingue, en la cual los 3 parentales dieron como resultado un porcentaje de 94% de germinación. Mientras que los tratamientos S₄ L-21-3-1-1-COM-2 y CML-172, parentales del híbrido INIAP H-554 mostraron porcentajes de 75% y 78% de germinación, valores significativamente menores a la prueba de germinación en la cual se tuvo como resultado un 90% y 92% de germinación.

El parental femenino S₄ B-523 del híbrido simple que forma el híbrido triple INIAP H-551 presentó una altura planta de 1.94m, la altura de inserción de la mazorca fue de 0.98m, los periodos de floración masculina y femenina fueron de 50 y 55 días después de la siembra respectivamente, el número de hileras por mazorca tuvo un promedio de 14.87. En cuanto a la severidad de *Helminthosporium*, se observó un promedio de 3.00, el porcentaje de acame de tallo y raíz presentó promedios de 4.28% y 2.08% respectivamente,

Murillo (2009), evaluó el daño causado por enfermedades foliares en líneas e híbridos de maíz en el litoral ecuatoriano, en el cual tuvo datos de altura de planta de 1.75m, altura de inserción de mazorca en 0.82m, el número de hileras por mazorca fue de 12, la floración masculina y femenina en 55 y 52 días después de la siembra respectivamente. En cuanto a la severidad de *Helminthosporium* se presentó un promedio de 2.5; los porcentajes de acame de tallo y raíz fueron de 3% y 0% respectivamente. Lo que nos proporciona información relevante de la variación de las características agronómicas y productivas de estos parentales.

El parental masculino S₄ B521 del híbrido simple que forma el híbrido triple INIAP H-551 presentó un promedio de altura de planta de 1.87m, la altura de inserción de la mazorca fue de 0.90m, los periodos de floración masculina y femenina con promedios de 48 y 53 días después de la siembra respectivamente y el número de hileras por mazorca de 14.70. En cuanto a la severidad de *Helminthosporium*, se observó un promedio de 2.75 y el porcentaje de acame de tallo y raíz con promedios de 2.32% y 1.64% respectivamente.

Murillo (2009), realizó una investigación sobre el daño causado por enfermedades foliares en líneas e híbridos de maíz en el litoral ecuatoriano, la cual registró un promedio de 2.24m de altura de planta, 1.18m de altura de inserción de mazorca. Los periodos de floración masculina y femenina con promedios de 56 y 52 días después de la siembra, el número de

hileras por mazorca fue de 14 hileras. En cuanto a la severidad de *Helminthosporium* el promedio fue de 2.7 y el porcentaje de acame de tallo y raíz fue del 2% y 0%.

El parental masculino S₄ B520 del híbrido triple INIAP H-551 presentó una altura promedio de planta de 1.85m, la altura de inserción de la mazorca fue de 0.88m, la floración masculina y femenina con promedios de 50 y 54 días después de la siembra, el número de hileras por mazorca fue de 11.50, en la severidad de *Helminthosporium* se observó un promedio de 2.38, el porcentaje de acame de tallo y raíz fue de 2.37% y 1.00% respectivamente.

Murillo (2009), realizó una investigación sobre el daño causado por enfermedades foliares en líneas e híbridos de maíz en el litoral ecuatoriano, en ella se registró un promedio de 2.21m de altura de planta; altura de inserción de mazorca con promedio de 1.08m, floración masculina y femenina con promedios de 55 y 52 días después de la siembra, un promedio de 12 hileras por mazorca, la severidad de *Helminthosporium* presentó un promedio de 2.2 y el porcentaje de acame de tallo y raíz fue de 2% y 0%. Estos datos difieren significativamente con los promedios obtenidos en nuestra investigación.

El parental femenino S₄ L-21-3-1-1-COM-2 del híbrido INIAP H-554 registró la altura promedio de la planta fue de 1.86m, altura de inserción de la mazorca fue de 0.88m, floración masculina y femenina ocurrieron en promedios de 52 y 57 días después de la siembra, el número de hileras por mazorca fue en promedio de 16.08.

Espinoza (2019), realizó una investigación de caracterización agromorfológica de dos líneas y un híbrido de maíz en época lluviosa del litoral ecuatoriano, donde la altura de planta fue de 2.49m, la altura de inserción de la mazorca fue de 1.11m, la floración masculina y femenina ocurrieron en promedios de 56 y 61 días después de la siembra, el número de hileras por mazorca fue de 15.55. En términos de la incidencia de enfermedades foliares, *Phyllachora* y *Puccinia* muestran niveles similares de severidad en ambos estudios. Estas variaciones podrían atribuirse a cambios en las condiciones ambientales.

El parental masculino CML – 172 del híbrido INIAP H-554 registró valores de altura de planta 1.83m y altura de inserción de mazorca de 0.75m; floración masculina en 53 y femenina en 60 días después de la siembra y un promedio de 12.35 hileras por mazorca.

Espinoza (2019), realizó una investigación de caracterización agromorfológica de dos líneas y un híbrido de maíz en época lluviosa del litoral ecuatoriano, donde obtuvo valores de altura de planta e inserción de mazorca con promedios de 2.49m y 1.11m; mientras que en datos como floración masculina y femenina obtuvo valores de 56 y 61 días después de la siembra; el número de hileras por mazorca fue de 15.55 con una diferencia de 2.20 hileras. En cuanto a la severidad de enfermedades foliares *Phyllachora*, *Puccinia*, *Helminthosporium*, *Cercospora*, *Curvularia* y *Diplodia* presentaron promedios similares en ambas investigaciones.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los parentales evaluados mostraron cambios significativos en las características agronómicas, en el porcentaje de germinación fueron los parentales S₄ L-21-3-1-1-COM-2 y CML – 172 los que presentaron mayores porcentajes con el 75% y 78% de germinación. El parental S₄ B523 fue el mejor en altura de planta e inserción de mazorca con 1.94m y 0.98 respectivamente. El parental CML – 172 obtuvo el menor porcentaje de acame de tallo con un 2.17%, en acame de raíz los parentales S₄ B520 y CML – 172 presentaron los porcentajes más bajos de acame con 1.00% cada uno.
- Los parentales S₄ B-523, S₄ B-521 y CML – 172 fueron los más afectados por *Curvularia* con promedios de 4.00, 3.25 y 3.75 lo que según la escala del CIMMYT significa síntomas severos. De la misma forma los parentales S₄ B-523, S₄ B-521 fueron los más afectados por *Helminthosporium* con promedios de 3.00 y 2.75. Esto sugiere que la temperatura y precipitación presentada durante el ensayo influyó en la severidad de los síntomas de estas enfermedades.
- En los parámetros productivos como la floración masculina y femenina los parentales S₄ L-21-3-1-1-COM-2 y CML – 172 fueron los que necesitaron más días desde la siembra para emitir polen con promedios de 52 y 53 días respectivamente. El parental S₄ L-21-3-1-1-COM-2 fue el mejor con respecto al número de hileras por mazorca con un promedio de 16.08, mientras que, en el peso de 5 mazorcas los parentales S₄ B520 y S₄ L-21-3-1-1-COM-2 presentaron los mejores promedios con 606g y 535g respectivamente.

5.2. Recomendaciones

- Mantener constantes pruebas de germinación de los parentales usados en la producción de híbridos debido a que un bajo porcentaje de plantas germinadas ocasionaría bajos rendimientos al final del ciclo.
- Dada la variabilidad en las características productivas de los parentales evaluados se recomienda considerar la variabilidad en los tiempos de floración masculina y femenina al planificar la siembra debido a que una mala sincronía floral podría afectar la producción de semillas.
- Continuar con ensayos de validación en diferentes épocas del año para evaluar la respuesta de los parentales a los cambios en sus características en época seca y en base a estos resultados renovar el banco de semillas de los parentales usados en la producción de híbridos.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFIA

6.1. Bibliografía

- Ahumada, R., Velázquez, G., Flores, E., y Romero, J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción. *Investigación y Ciencia*, 22, 48-53.
- Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Chhetri, A. K., Rahut, D. B., y Jat, M. L. (2020). Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems. *Environment, Development and Sustainability*, 22. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4>
- Avendaño, C. H., Molina, J. D., Trejo, C., López, C., y Cadena, J. (2007). Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1), 27-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/am.v19i1.5019>
- Bhattacharya, A. (2019). Chapter 1 - Global Climate Change and Its Impact on Agriculture. En A. Bhattacharya, *Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants* (págs. 1-50). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816209-5.00001-5>
- Caicedo, M. B., y Villavicencio, J. P. (2020). HIBRIDO SIMPLE – QPM INIAP H-554 “RENACER”. Quevedo, EC: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Maíz, 2020.
- Caicedo, O., Cadena, D., Galarza, E., y Solorzano, D. (2019). Permisibilidad del maíz (*Zea mays* L.) sometido a diferentes condiciones de inundación: Determinación del tiempo de drenaje en Babahoyo, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 6(2), 67-75. <https://doi.org/10.26423/rctu.v6i2.472>
- Campos, S. K. (2021). Estudio de la temperatura ambiental en el rendimiento y fenología del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Santa 2021. Universidad Nacional Del Santa.
- Crespo, S., Burbano, M. V., y Vasco, S. A. (1990). INIAP H-551: Híbrido de maíz para la zona central del Litoral. Quevedo, EC: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Maíz, 1990.
- Deras, H. (2020). Guía técnica: el cultivo de maíz. San Salvador: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). [doi:https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893](https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893)

- Donnet, L., López, D., Arista, J., Carrión, F., Hernández, V., y González, A. (2012). El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México. CIMMYT. https://doi.org/https://books.google.com.ec/books?id=tTpmMRsA9uYCylpg=PR5yots=Eul7k_J5oLylryhl=esypg=PR2#v=onepageyqyf=false
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., y Prasanna, B. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and RyD implications. Food Security. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
- Espinoza, G. E. (2019). Caracterización agromorfológica de dos líneas elites y un híbrido simple maíz amarillo duro adaptadas al trópico húmedo del Litoral ecuatoriano. Mocache: Universidad Técnica de Babahoyo.
- FAO, (2018). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://doi.org/http://www.fao.org/3/I8014ES/i8014es.pdf>
- Gabaldón, C., y Lorite, I. J. (2021). Medidas de adaptación al cambio climático en el cultivo de maíz. Revista Agricultura.
- Giménez, L. (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. Agrociencia , 16.
- Golik, S. I., Larran, S., Gerard, G. S., Fleitas, M. C., y Golik, S. I. (2018). Maíz: Importancia, origen, sistemática, morfología y composición química. En Cereales de verano (págs. 10-32). Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11336/162758>
- Granados, R., y Sarabia, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, IV, 435-446.
- Guzmán, D. A. (2017). Etapas fenológicas del maíz (*Zea mays* L.) var. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón Cumandá, provincia de Chimborazo. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Karimi, V., Karami, E., y Keshavarz, M. (2018). Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. Journal of Integrative Agriculture, 17(1), 1-15. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61794-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61794-5)

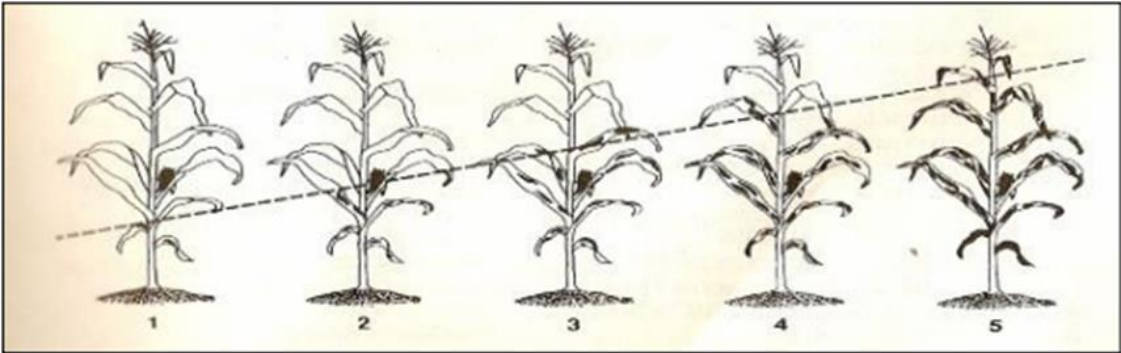
- Lozano, W. A. (2018). Clima, hidrología y meteorología: Para ciencias ambientales e ingeniería. Universidad Piloto. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/j.ctv7fmfh3>
- MacRobert, J. F., Setimela, P., Gethi, J., y Regasa, M. W. (2015). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. Mexico: CIMMYT. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10883/16849>
- Murillo, C. E. (2009). Evaluación de líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L) al daño causado por la cinta roja, en dos localidades del litoral ecuatoriano. Manabí: Manabí, EC: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria, 1987. 9.
- Ortigoza, J., López, C. A., y Gonzalez, J. D. (2019). Guia tecnica Cultivo de Maíz. Facultad de Ciencias Agrarias - UNA. https://doi.org/https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Paricahua, M. (2021). Cambio climático y desarrollo sostenible. Revista Latinoamericana Ogmios, I, 82-90. <https://doi.org/10.53595/rlo.2021.1.008>
- Programa de Maíz del CIMMYT. (2004). Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT.
- Rodríguez, P., Urías, V., Muy, D., Heredia, J., Suarez, A., Báez, J., . . . Niño, G. (2021). Efecto de termosonicación y pasteurización sobre propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y nutraceuticas en bebidas de maíz. Biotecnia, 92-101. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1204>
- Ruan, Z., Wang, X., Liu, Y., y Liao, W. (2019). Chapter 3 - Corn. En Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products (págs. 59-72). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00003-4>
- Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). Serie Botánica, 7(2), 151-171.
- Serratos, J. A. (2009). The origin and diversity of maize in the american continent. Greenpeace México .

- Taba, S., y Twumasi, S. (1997). Guías para la regeneración de germoplasma: Maíz. Ciudad de México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.
- Wang, J., y Hu, X. (2021). Research on corn production efficiency and influencing factors of typical farms: Based on data from 12 corn-producing countries from 2012 to 2019. PloS one, 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254423>
- Zambrano, J. L., y Caviedes, M. (2022). Estado actual de la producción de maíz en Ecuador. Quito: Quito, EC: INIAP-EESC, 2022. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5886>

CAPITULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Escala propuesta por CIMMYT para evaluación de enfermedades foliares



Anexo B. Distribución de los tratamientos

T1 R1	T1 R2	T4 R3	T2 R4
T2 R1	T4 R2	T5 R3	T5 R4
T3 R1	T5 R2	T1 R3	T4 R4
T4 R1	T3 R2	T3 R3	T1 R4
T5 R1	T2 R2	T2 R3	T3 R4

Anexo C. Delimitación del terreno



Anexo D. Siembra



Anexo E. Colocación de letreros informativos



Anexo F. Evaluación de variables



Anexo G. Cosecha obtenida de una de las unidades experimentales



Anexo H. Peso de 5 mazorcas de una repetición



Anexo I. Peso de 5 mazorcas desgranadas



Anexo J. Determinación de humedad



Anexo K. Análisis de varianza: porcentaje de germinación

% Germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Emergencia	19	0,72	0,54	19,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3733,42	7	533,35	3,96	0,0210
Tratamientos	3610,49	4	902,62	6,70	0,0055
Repeticiones	122,93	3	40,98	0,30	0,8218
Error	1481,73	11	134,70		
Total	5215,16	18			

Anexo L. Análisis de varianza: altura de planta

Altura_Planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura Planta	19	0,29	0,00	5,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	7	0,01	0,66	0,7039
Tratamientos	0,02	4	0,01	0,58	0,6856
Repeticiones	0,02	3	0,01	0,76	0,5379
Error	0,11	11	0,01		
Total	0,15	18			

Anexo M. Análisis de varianza: altura de inserción de mazorca

Altura_Mazorca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura Mazorca	19	0,64	0,40	8,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,10	7	0,01	2,74	0,0658
Tratamientos	0,10	4	0,02	4,75	0,0180
Repeticiones	9,3E-04	3	3,1E-04	0,06	0,9800
Error	0,06	11	0,01		
Total	0,16	18			

Anexo N. Análisis de varianza: porcentaje de acame de tallo

%_Acame_Tallo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Acame Tallo	20	0,74	0,59	12,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,85	7	1,84	4,87	0,0083
Tratamientos	12,07	4	3,02	8,01	0,0022
Repeticiones	0,78	3	0,26	0,69	0,5770
Error	4,52	12	0,38		
Total	17,37	19			

Anexo O. Análisis de varianza: porcentaje de acame de raíz

%_Acame_Raiz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Acame Raiz	20	0,42	0,08	15,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,99	7	0,57	1,24	0,3522
Tratamientos	3,58	4	0,90	1,96	0,1656
Repeticiones	0,41	3	0,14	0,30	0,8276
Error	5,49	12	0,46		
Total	9,48	19			

Anexo P. Análisis de varianza: severidad de enfermedades foliares – *Cercospora*

Cercospora

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cercospora	19	0,43	0,06	31,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,66	7	0,67	1,17	0,3910
Tratamientos	3,55	4	0,89	1,56	0,2531
Repeticiones	1,12	3	0,37	0,65	0,5968
Error	6,26	11	0,57		
Total	10,92	18			

Anexo Q. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares – *Curvularia*

Curvularia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Curvularia	19	0,54	0,24	27,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,48	7	1,35	1,83	0,1782
Tratamientos	9,19	4	2,30	3,10	0,0615
Repeticiones	0,29	3	0,10	0,13	0,9404
Error	8,15	11	0,74		
Total	17,63	18			

Anexo R. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares – *Diplodia*

Diplodia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diplodia	19	0,30	0,00	28,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,81	7	0,26	0,69	0,6805
Tratamientos	1,57	4	0,39	1,05	0,4268
Repeticiones	0,24	3	0,08	0,21	0,8856
Error	4,12	11	0,37		
Total	5,92	18			

Anexo S. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares – *Helminthosporium*

Helminthosporium

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Helminthosporium	19	0,30	0,00	29,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,86	7	0,41	0,68	0,6856
Tratamientos	1,28	4	0,32	0,54	0,7124
Repeticiones	1,57	3	0,52	0,88	0,4825
Error	6,58	11	0,60		
Total	9,44	18			

Anexo T. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares – *Phyllachora*

Phyllachora

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Phyllachora	19	sd	sd	0,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	7	0,00	sd	sd
Tratamientos	0,00	4	0,00	sd	sd
Repeticiones	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	11	0,00		
Total	0,00	18			

Anexo U. Análisis de varianza: Severidad de enfermedades foliares – *Puccinia*

Puccinia

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Puccinia	19	0,32	0,00	24,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,36	7	0,05	0,73	0,6545
Tratamientos	0,19	4	0,05	0,69	0,6142
Repeticiones	0,16	3	0,05	0,77	0,5320
Error	0,77	11	0,07		
Total	1,13	18			

Anexo V. Análisis de varianza: Floración femenina

Floracion_Femenina

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Floracion Femenina	19	0,88	0,80	2,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	126,06	7	18,01	11,58	0,0003
Tratamientos	118,99	4	29,75	19,14	0,0001
Repeticiones	7,07	3	2,36	1,52	0,2651
Error	17,10	11	1,55		
Total	143,16	18			

Anexo W. Análisis de varianza: Floración masculina

Floracion_Masculina

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Floracion Masculina	19	0,74	0,57	2,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66,39	7	9,48	4,48	0,0137
Tratamientos	62,27	4	15,57	7,35	0,0039
Repeticiones	4,12	3	1,37	0,65	0,6000
Error	23,30	11	2,12		
Total	89,68	18			

Anexo X. Análisis de varianza: Número de hileras por mazorca

NHPM

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NHPM	19	0,95	0,92	3,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56,69	7	8,10	31,47	<0,0001
Tratamientos	54,84	4	13,71	53,27	<0,0001
Repeticiones	1,85	3	0,62	2,40	0,1233
Error	2,83	11	0,26		
Total	59,52	18			