

Análisis de características agronómicas, sanitarias y productivas de parentales de híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554 bajo variabilidad climática en el litoral ecuatoriano.

Validation of agronomic, sanitary and productive characteristics of INIAP H-551 and INIAP H-554 maize hybrid parental under climatic variability in the Ecuadorian coast.

Solanyi Marley Tigselema Zambrano ⁽¹⁾

Jim Raphael Ochoa Ramos ⁽²⁾

Dayanna Yamilex Valero Guerrero ⁽³⁾

Galo Efraín Lara Hidalgo ⁽⁴⁾

Jean Paúl Villavicencio Linzán ⁽⁵⁾

Raúl Valentín Mora Yela ⁽⁶⁾

(1) Instituto Nacional de Investigaciones de Agropecuarias (INIAP). Mocache, Ecuador. solanyi.tigselema@iniap.gob.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8254-425X>

(2) Instituto Nacional de Investigaciones de Agropecuarias (INIAP). Mocache, Ecuador. jim.ochoa@iniap.gob.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0663-8060>

(3) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. dvalerog@uteq.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1941-7331>

(4) Instituto Nacional de Investigaciones de Agropecuarias (INIAP). Mocache, Ecuador. galo.lara@iniap.gob.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0717-1836>

(5) Instituto Nacional de Investigaciones de Agropecuarias (INIAP). Mocache, Ecuador. paul.villavicencio@iniap.gob.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-2135>

(6) Instituto Nacional de Investigaciones de Agropecuarias (INIAP). Mocache, Ecuador. raul.mora@iniap.gob.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4878-151X>

Contacto: solanyi.tigselema@iniap.gob.ec

Artículo recibido: 03/julio/2025. Aprobado: 15/octubre/2025

Resumen

Se realizó la validación de las características agronómicas (porcentaje de germinación, altura de planta, altura de inserción mazorca, acame de tallo y raíz, floración femenina y masculina), sanitarias (severidad de enfermedades foliares) y productivas (número de hileras por mazorca, rendimiento), de los parentales de híbridos de maíz INIAP H-551 e INIAP H-554 en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), considerando la temperatura y precipitación actuales

en comparación con datos históricos de 1950 hasta el 2024. Se implementó un diseño de Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, la distancia de siembra fue de 0.20 m x 0.80 m. 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, 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 presentaron diferencias. 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 clave: híbridos, parentales, precipitación, temperatura, *Zea mays*.

Abstract

Validation of agronomic (germination percentage, plant height, ear insertion height, stalk and root lodging, female and male flowering), health (severity of foliar diseases) and yield (number of rows per ear, yield) characteristics of the INIAP H-551 and INIAP H-554 maize hybrid parental was carried out at the Pichilingue Tropical Experiment Station (EETP), considering current temperature and rainfall in comparison with historical data from 1950 to 2024. A Randomised Complete Block design was implemented with five treatments and four replicates, the planting distance was 0.20 m x 0.80 m. The percentage of germination showed significant variations between treatments, the parental of the hybrid INIAP H-551 showed lower percentages, the treatments showed significant differences, being the treatments S4 B-523, S4 B-521, S4 B-520 the ones that showed lower percentages. The agronomic characteristics of the treatments also showed differences. Plant height, ear insertion height and number of rows per ear showed significant differences. The number of rows per ear showed significant differences between treatments, with S4 L-21-3-1-1-1-COM-2 showing the highest average. In conclusion, the evaluated parental showed significant changes in agronomic and productive characteristics, the most notorious being germination percentage, plant

height and number of rows per ear, which may cause a low yield in the production of quality hybrids.

key words: hybrids, parental, rainfall, temperature, *Zea mays*.

Introducción

Zea mays L. (maíz) fue el primer cereal sometido a rápidas transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, tal como ha sucedido con la aparición de los híbridos. Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética, teniendo un alto potencial para producción de carbohidratos por unidad de superficie por día (Golik et al., 2018). En Ecuador en el año 2023 se cosecharon 321.229 hectáreas, con una producción estimada 1.41 millones de toneladas (SIPA, 2023), y un rendimiento de 4,58 toneladas por hectárea (t ha⁻¹). Estas cifras demuestran la importancia del cultivo del maíz en el país, cuya producción está orientada principalmente a la alimentación humana y animal (Caviedes Cepeda et al., 2022).

Para la producción de semilla de maíz es básico conocer las características genéticas de los progenitores, el ambiente (cantidad y distribución de la precipitación y temperatura, radiación y características físico-químicas del suelo) y la interacción genotipo – ambiente (Virgen-Vargas et al., 2014). La obtención de híbridos de alta productividad se basa en aprovechar el fenómeno de heterosis que se produce al cruzar dos líneas puras, las cuales se obtienen por autofecundación orientada hacia la consecución de líneas que reúnen los caracteres favorables que debe tener el híbrido. El híbrido, entre dichas líneas, junto a los caracteres aportados por ellos, resulta en un vigoroso producto del cruce, que se manifiesta por una producción superior a la de los progenitores (Ortigoza et al., 2019).

La agricultura depende de las condiciones ambientales, siendo muy sensible a la variabilidad y al cambio climático (FAO, 2018). 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 ya que determina la naturaleza y las características de los cultivos (Bhattacharya, 2019).

El incremento de la temperatura y precipitación son uno de los principales 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 & 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 Flores, 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: híbrido simple, parental femenino (S4 B-523 x S4 B-521) parental masculino (S4 B-520) e INIAP H-554: parental femenino (S4 L-21-3-1-1-COM-2) y parental masculino (CML-172).

Materiales y métodos.

Localización

La investigación se realizó en los predios de la EETP del 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.

Diseño de la investigación

Se evaluaron las variables agronómicas, sanitarias y productivas de los parentales masculinos y femeninos de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554, se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) que constó de cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se utilizaron 5 tratamientos que estuvieron constituidos por los parentales de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554 (Tabla 1). 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.

| Tratamientos | Parentales | Descripción |
|--------------|---------------------|--------------------------------------|
| T1 | S4 B-523 | Parental femenino del híbrido H-551 |
| T2 | S4 B-521 | Parental masculino del híbrido H-551 |
| T3 | S4 B-520 | Parental masculino del híbrido H-551 |
| T4 | S4 L-21-3-1-1-COM-2 | Parental femenino del híbrido H-554 |
| T5 | CML-172 | Parental masculino del híbrido H-554 |

Tabla 1. Tratamientos en estudio.

Datos meteorológicos registrados desde el año 1950 al año 2024

Se trabajó con datos climáticos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) ubicada en los predios de la EET-Pichilingue.

Labores culturales

Preparación de suelo y siembra

Previo a la siembra se realizó preparación del terreno (639.2 m²), utilizando un rotocultor, para posteriormente pasar el romplow en dos ocasiones. La siembra se realizó de forma manual usando espeques a una distancia de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras con una semilla por sitio.

Manejo de malezas

Se realizó control pre emergente aplicando el producto químico con la molécula glifosato en dosis de 2.5 l/ha, también se utilizó un control mecánico (chapia).

Fertilización

Para la fertilización del cultivo, con base en el análisis del suelo realizado en el laboratorio del Departamento de Suelos y Agua de la EETP; 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 (dds) y la segunda aplicación se realizó a los 45 dds.

Manejo de plagas

Se realizó la desinfección de la semilla con producto químico, ingrediente activo Thiodicarb en dosis de 10 cc/kg de semilla.

Cosecha y Producción

La cosecha se realizó una vez que el cultivo cumplió con su madurez fisiológica alrededor a los 110 dds.

Variables evaluadas

Las variables agronómicas y severidad de enfermedades foliares del cultivo de maíz fueron evaluadas de acuerdo con los descriptores propuestos por el IBPGR y CIMMYT (1991).

Porcentaje de emergencia en campo

Se evaluó 8 dds, 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.

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.

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 dds.

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.

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.

Días a floración femenina

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

Días a floración masculina

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

Número de hojas arriba de la mazorca más alta, incluida la hoja de la mazorca

Esta variable se evaluó contando 20 plantas al azar sin tomar en cuenta las del borde después del estado lechoso.

Severidad de enfermedades foliares

Se realizó transcurridos 80 dds 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.

Número de hileras en la mazorca

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

Rendimiento (Kg)

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.

Resultados.

Datos meteorológicos registrados desde el año 1950 al año 2024

En las Figuras 1 y 2 se observan datos meteorológicos registrados en 1990, año en el que fue liberado el híbrido INIAP H-551, año 2020 en el que fue liberado el híbrido INIAP H-554 y año 2024 en el que fue realizada la presente investigación.

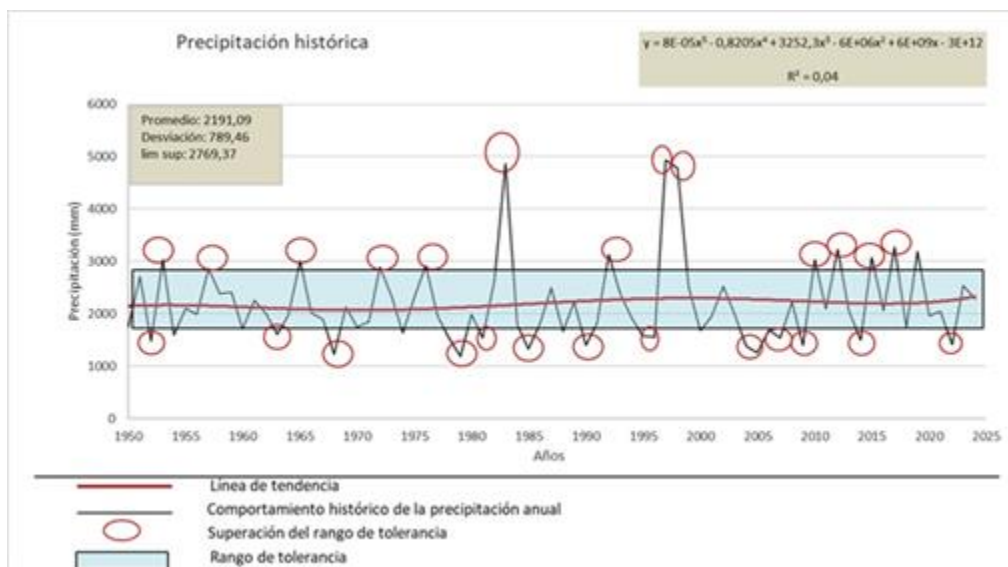


Figura 1. Precipitación histórica en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INAMHI, 1990) (INAMHI, 2024).

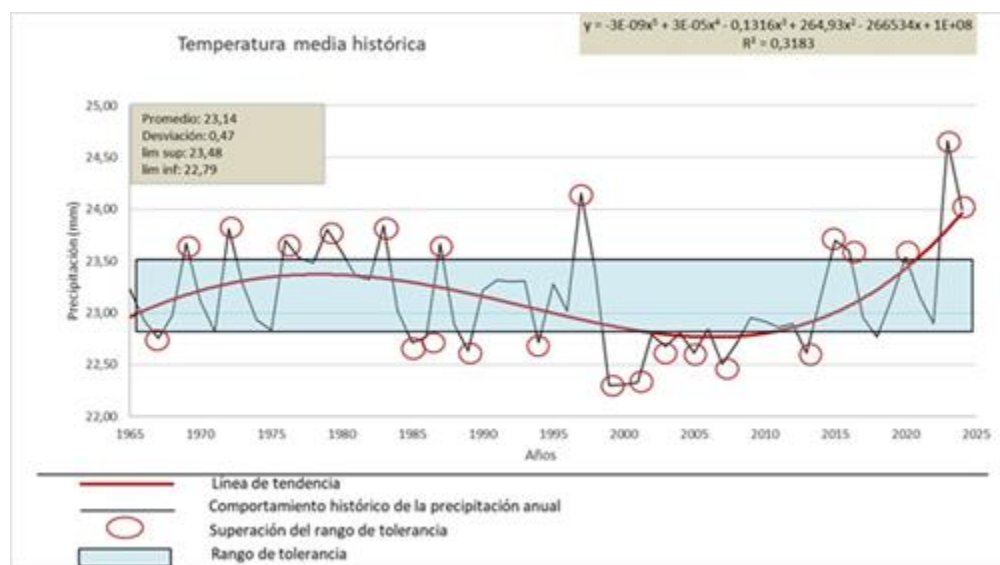


Figura 2. Temperatura media histórica en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INAMHI, 1990) (INAMHI, 2024).

En cuanto a la precipitación anual se identificó que existen períodos que sobre pasan el promedio anual (húmedo), así como también, existen períodos que están por debajo del promedio anual (déficit hídrico). También se observa que el comportamiento de las lluvias es fluctuante generando en la zona un movimiento cíclico, que concuerda con lo indicado por (Caicedo-Camposano et al., 2016), y el Ministerio de Ambiente al referir que dos de las variables principales son la temperatura y la precipitación. A diferencia de los países de latitudes altas, en el Ecuador se observan dos épocas bien diferenciadas por la distribución temporal de las precipitaciones una lluviosa y otra seca, excepto la Amazonía, donde las lluvias son considerables durante todo el año (MAE, 2014).

El clima varía entre el cálido seco y cálido húmedo. La temperatura promedio anual de la zona de estudio es de 25°C de acuerdo a las estaciones Pichilingue. La temperatura de la superficie del cantón se encuentra en el rango de los 25 a 26 °C tomando en cuenta datos del periodo de 1965 al 2024. Los meses de febrero, marzo y abril son los que presentan el mayor valor de temperatura, mientras que los meses de julio y agosto son los que presentan valores ligeramente más bajos con respecto a la media anual. Según (Ojeda-Bustamante et al., 2011), el incremento de la temperatura provoca problemas en la polinización, incremento de la respiración, disminución de la fotosíntesis, reducción de las etapas fenológicas y, en consecuencia, la disminución del ciclo fenológico. (Miranda & Confalone, 2022) exponen que el incremento de las temperaturas se traducirá en incrementos de las temperaturas diurnas, nocturnas, granos-días desarrollo y evapotranspiración

potencial, que al combinarse con la reducción de las precipitaciones provocará balances hídricos desfavorables para los cultivos. También existe evidencia de que el aumento en la temperatura reduce el área foliar, acorta el ciclo biológico, la etapa reproductiva y por ende una disminución en el rendimiento del cultivo.

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 1.94 m y 1.83 m con respecto a la variable de altura de planta (Tabla 2).

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 0.98 m, estadísticamente igual a los parentales S₄ B 521, S₄ B520 y S₄ L-21-3-1-1-COM-2 que presentaron promedios de 0.90 m y 0.88 m respectivamente; pero superior al CML-172 con promedio de 0.75m de altura de inserción mazorca (Tabla 2).

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 % (Tabla 2).

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 (Tabla 2).

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 dds para emitir sus estigmas, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos; 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 dds (Tabla 2).

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 transcurridas 48 dds (Tabla 2).

| N° | Parentales | Altura (m) | | | | % Acame | | | | Floración (dds) | | |
|--|------------------|------------|---|---------|-----|---------|---|-------|---|-----------------|-----|-----------|
| | | Planta | | Mazorca | | Tallo | | Raíz | | Femenina | | Masculina |
| 1 | S4 B523 | 1,94 | a | 0,98 | a | 4,28% | a | 2,08% | a | 54,67 | b c | 50,33 |
| 2 | S4 B521 | 1,87 | a | 0,90 | a b | 2,32% | b | 1,64% | a | 53,00 | c | 48,00 |
| 3 | S4 B520 | 1,85 | a | 0,88 | a b | 2,37% | b | 1,00% | a | 54,25 | b c | 50,00 |
| 4 | L-21-3-1-1 COM-2 | 1,86 | a | 0,88 | a b | 2,61% | b | 1,71% | a | 56,75 | b | 52,25 |
| 5 | CML-172 | 1,83 | a | 0,75 | b | 2,17% | b | 1,00% | a | 60,00 | a | 53,00 |
| Significación ADEVA | | ns | | ** | | ** | | ns | | ** | | ** |
| *, **: Significancia al 1 y 5%; ns: No significativo | | | | | | | | | | | | |

Tabla 2. Promedios y diferencias estadísticas de los parentales de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554 evaluados en la EET Pichilingue.

Número de hojas por encima de la mazorca más alta

Realizada la prueba de Tukey, los parentales evaluados no presentaron significancia estadística en el número de hojas por encima de la mazorca manteniéndose en promedios entre 6.13 y 6.68 hojas (Tabla 3).

Número 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 (Tabla 3).

Rendimiento (Kg)

Realizada la prueba de Tukey, los parentales evaluados no presentaron significancia estadística en la variable de rendimiento manteniéndose en promedios entre 1605.47 y 1018.75 kg/ha (Tabla 3).

| Nº | Parentales | Nº Hojas por encima de la mazorca | | Nº Hileras por mazorca | | Rendimiento (Kg/ha) | |
|---------------------|---------------------|-----------------------------------|---|------------------------|-----|---------------------|---|
| 1 | S ₄ B523 | 6,50 | a | 14,87 | b | 1107,03 | a |
| 2 | S ₄ B521 | 6,13 | a | 12,90 | c | 1018,75 | a |
| 3 | S ₄ B520 | 6,38 | a | 11,50 | d | 1605,47 | a |
| 4 | L-21-3-1-1 COM-2 | 6,68 | a | 16,08 | a | 1588,28 | a |
| 5 | CML-172 | 6,68 | a | 12,35 | c d | 1107,82 | a |
| Significación ADEVA | | ns | | ** | | ns | |

*, **: Significancia al 1 y 5 %; ns: no significativo

Tabla 3. Promedios y diferencias estadísticas de los parentales de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554 evaluados en la EET Pichilingue.

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.

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.

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

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 (Tabla 4).

| Nº | Parentales | Severidad de enfermedades foliares (1-5) | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|--|---|-------------------|---|-----------------|---|-------------------------|---|--------------------|---|-----------------|---|
| | | <i>Cercospora</i> | | <i>Curvularia</i> | | <i>Diplodia</i> | | <i>Helminthosporium</i> | | <i>Phyllachora</i> | | <i>Puccinia</i> | |
| 1 | S ₄ B523 | 3,00 | a | 4,00 | a | 2,33 | a | 3,00 | a | 1,00 | a | 1,00 | a |
| 2 | S ₄ B521 | 2,00 | a | 3,25 | a | 2,25 | a | 2,75 | a | 1,00 | a | 1,13 | a |
| 3 | S ₄ B520 | 2,00 | a | 2,38 | a | 1,88 | a | 2,38 | a | 1,00 | a | 1,00 | a |
| 4 | L-21-3-1-1 COM-2 | 2,13 | a | 2,25 | a | 1,75 | a | 2,25 | a | 1,00 | a | 1,25 | a |
| 5 | CML-172 | 2,88 | a | 3,75 | a | 2,50 | a | 2,68 | a | 1,00 | a | 1,00 | a |
| Significación ADEVA | | ns | | ns | | ns | | ns | | ns | | ns | |

*, **: Significancia al 1 y 5%; ns: No significativo

Tabla 4. Severidad de enfermedades foliares en los parentales de los híbridos INIAP H-551 e INIAP H-554 evaluados en la EET Pichilingue.

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.

El parental femenino S₄ B-523 del híbrido simple que forma el híbrido triple INIAP H-551 presentó una altura planta de 1.94 m, la altura de inserción de la mazorca fue de 0.98 m, los períodos de floración masculina y femenina fueron de 50 y 55 dds 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 1.75 m, altura de inserción de mazorca en 0.82 m, el número de hileras por mazorca fue de 12, la floración masculina y femenina en 55 y 52 dds, 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 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 1.87 m, la altura de inserción de la mazorca fue de 0.90 m, los períodos de floración masculina y femenina con promedios de 48 y 53 dds, 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 2.24 m de altura de planta, 1.18 m de altura de inserción de mazorca. Los períodos de floración masculina y femenina con promedios de 56 y 52 dds, el número de hileras por mazorca fue de 14. 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 1.85 m, la altura de inserción de la mazorca fue de 0.88 m, la floración masculina y femenina con promedios de 50 y 54 dds, 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 2.21 m de altura de planta; altura de inserción de mazorca con promedio de 1.08 m, floración masculina y femenina con promedios de 55 y 52 dds, 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 la presente 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 dds, 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 2.49 m, la altura de inserción de la mazorca fue de 1.11 m, la floración masculina y femenina ocurrieron en promedios de 56 y 61 dds, 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 1.83 m y altura de inserción de mazorca de 0.75 m; floración masculina en 53 y femenina en 60 dds 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 2.49 m y 1.11 m; mientras que en datos como floración masculina y femenina obtuvo valores de 56 y 61 dds; 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.

Sáez-Cigarruista et al. (2024) evaluó el rendimiento del maíz bajo diferentes condiciones de riego utilizando el híbrido ADV-9293. Los tratamientos fueron: 1 riego al 100 % todo el ciclo, 2 suspensión de riego entre 20-35 días (prefloración), 3 suspensión entre 40-55 días (floración), 4 suspensión entre 60-75 días (llenado de grano), y 5 reducción del riego en un 20 % durante todo el ciclo. Se midieron la temperatura y la humedad dentro de una casa de cultivo, observando un promedio de 28,4 °C y 80,9 % de humedad en el primer ciclo, y 29,9 °C y 76,5 % en el segundo. El mejor rendimiento de grano fue de 12,83 t/ha en el tratamiento que mantuvo el riego al 100 % durante todo el ciclo, seguido por 10,31 t/ha en el tratamiento con suspensión de riego durante el llenado de grano. Se identificaron dos períodos críticos para el déficit hídrico: entre los 20-35 días y los 40-55 dds. Durante estos períodos, la falta de agua afectó negativamente el contenido de clorofila, siendo las etapas de prefloración y floración las más sensibles.

Campos (2022), evaluó cómo la temperatura ambiental afectó el rendimiento y el desarrollo del maíz amarillo duro. Durante el experimento, que se realizó de junio a diciembre, las temperaturas variaron entre 15°C y 20°C, con un máximo de 20°C. Esto retrasó el ciclo del cultivo a 185 días, y la floración masculina y femenina tuvieron una diferencia de 3 días. Debido a estas temperaturas, el rendimiento fue de 7,42 t/ha, mucho menor que el promedio esperado de 15 t/ha para el híbrido DEKALB 7508. Además, la temperatura también ralentizó el crecimiento vegetativo (76 días) y afectó la floración y fecundación, que duraron 18 días.

Giménez (2012), evaluó cómo el riego y la falta de agua afectan el rendimiento del maíz. Se compararon los rendimientos bajo riego normal (T1) y en condiciones de estrés hídrico durante diferentes etapas: el período crítico (T2), el llenado de grano (T3), y la fase vegetativa más el período crítico (T4). También se incluyó un testigo sin riego (T5). Usando simuladores de sequía, se observó que el rendimiento sin problemas de agua fue de 13,5 a 15,3 t/ha. Sin embargo, la falta de agua en el período crítico redujo el rendimiento en un 50 %, durante el llenado de grano en un 30 %, y la falta de agua en la fase vegetativa más el período crítico redujo el rendimiento en un 56 %.

Conclusiones.

- La variabilidad climática registrada en la región, especialmente las fluctuaciones en temperatura y precipitación comparadas con datos históricos, ha generado impactos notables en el desempeño agronómico y productivo de los parentales de los híbridos de maíz evaluados, ya que las lluvias excesivas favorecen enfermedades y plagas, mientras que el déficit hídrico causa estrés en las plantas y reduce el rendimiento.
- Los parentales evaluados mostraron cambios significativos en las características agronómicas, el parental S₄ B523 fue el mejor en altura de planta e inserción de mazorca con 1.94 m 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.

- Para los parámetros productivos de floración masculina y femenina, los parentales S₄ L-21-3-1-1-COM-2 y CML – 172 fueron los que necesitaron más dds, para emitir polen con promedios de 52 y 53 días, respectivamente. El parental S₄ L-21-3-1-1-COM-2 destacó por alcanzar el mayor promedio en el número de hileras por mazorca, con un promedio de 16.08 una característica asociada directamente con el potencial de rendimiento. 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 0,606 kg y 0,535 kg, respectivamente.

Bibliografías

- Ahumada, R., Velázquez, G., Flores, E., & Romero, J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz Potential impacts of climate change on maize production.
- Bhattacharya, A. (2019). Chapter 1—Global Climate Change and Its Impact on Agriculture. In A. Bhattacharya (Ed.), *Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants* (pp. 1–50). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816209-5.00001-5>
- Caicedo-Camposano, O., Cadena-Piedrahita, D., Alcívar-Torres, L., Veloz-Paredes, A., & Montecé-Mosquera, F. (2016). Análisis Del Comportamiento De Las Precipitaciones En Quevedo—Ecuador, Para La Planificación De Cultivos. *European Scientific Journal, ESJ*, 12(33), Article 33. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n33p212>
- Campos, S. (2022). Estudio de la temperatura ambiental en el rendimiento y fenología del cultivo de maíz (*Zea mays* L) Santa 2021 [Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4146/52619.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caviedes Cepeda, G. M., Carvajal Larenas, F. E., & Zambrano Mendoza, J. L. (2022). Generación de tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1), 14.
- Deras Flores, H. (2020). Guía técnica: El cultivo de maíz. <https://hdl.handle.net/11324/11893>
- Espinoza, G. (2019). Caracterización agromorfológica de dos líneas elites y un híbrido simple maíz amarillo duro adaptadas al trópico húmedo del Litoral ecuatoriano [Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5473/1/iniaptTE776g.pdf>

- FAO. (2018). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (Marion Khamis). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/858191fd-54b3-4746-ac36-e86a4bf1e74b/content>
- Gabaldón, C., & Lorite, I. (2021). Medidas de adaptación al cambio climático en el cultivo de maíz. [archivo.revistaagricultura.com. https://archivo.revistaagricultura.com/maiz/cultivos/archivo.revistaagricultura.com/maiz/cultivos/medidas-de-adaptacion-al-cambio-climatico-en-el-cultivo-de-maiz_13501_38_16836_0_1_in.html](https://archivo.revistaagricultura.com/maiz/cultivos/archivo.revistaagricultura.com/maiz/cultivos/medidas-de-adaptacion-al-cambio-climatico-en-el-cultivo-de-maiz_13501_38_16836_0_1_in.html)
- Giménez, L. (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia (Uruguay)*, 16(2), 92–102.
- Golik, S. I., Larran, S., Gerard, G. S., Fleitas, M. C., & Golik, S. I. (2018). Maíz: Importancia, origen, sistemática, morfología y composición química. In *Cereales de verano*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. <https://doi.org/10.35537/10915/68613>
- IBPGR, & CIMMYT. (1991). Descriptors for maize (International Maize and Wheat Improvement Center, México City/International Board for Plant Genetic Resources.). CIMMYT/IBPGR.
- INAMHI. (1990). Anuario Meteorológico 1990. https://drive.google.com/file/d/1Uq3JgzW4JM7X1pA64LAaonBz_AKL9yWd/view?usp=drive_link&usp=embed_facebook
- INAMHI. (2024). Características Agroclimáticas, Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- MAE. (2014). Importante participación de Ecuador en el último Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/importante-participacion-de-ecuador-en-el-ultimo-panel-intergubernamental-de-cambio-climatico-ipcc/>
- Miranda, M. C., & Confalone, A. (2022). Influencia del clima en el rendimiento de maíz (*Zea mays*) en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2079-34802022000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Murillo, C. (2009). Evaluación de líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L) al daño causado por la cinta roja, en dos localidades del litoral ecuatoriano. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4304>

- Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E., Íñiguez-Covarrubias, M., & Montero-Martínez, M. J. (2011). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*, 45(1), 1–11.
- Ortigoza, J., López, C., & Gonzalez, J. (2019). Guía Técnica Cultivo de Maíz (Javier Ortigoza). https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Sáez-Cigarruista, A., Morales-Guevara, D., Gordon-Mendoza, R., Jaén-Villarreal, J., Franco-Barrera, J., Ramos-Manzané, F., Sáez-Cigarruista, A., Morales-Guevara, D., Gordon-Mendoza, R., Jaén-Villarreal, J., Franco-Barrera, J., & Ramos-Manzané, F. (2024). Sensibilidad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes períodos de déficit hídrico controlado. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1). <https://doi.org/10.15517/am.2024.55660>
- SIPA. (2023). Cifras Agroproductivas. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Virgen-Vargas, J., Zepeda-Bautista, R., Ávila-Perches, M. Á., Espinosa-Calderón, A., Arellano-Vázquez, J. L., & Gómez-Vázquez, A. J. (2014). Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: Densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana*, 323–335. <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15439>