

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

RESPUESTA AGRONÓMICA DE HÍBRIDOS DE MAIZ A DOS

FECHAS DE SIEMBRA, EL EJIDO PANAMÁ, 2024

EDUARDO JOSÉ BARRÍA MONTERREY

LAS TABLAS, LOS SANTOS

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

**RESPUESTA AGRONÓMICA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ A DOS
FECHAS DE SIEMBRA, EL EJIDO PANAMÁ, 2024**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS
TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROF. DR. ROMÁN GORDÓN

DIRECTOR

PROF. MGTR. JANETH URRIOLA

ASESORA

PROF. MGTR. JOSÉ RIVERA

ASESOR

**LAS TABLAS, LOS SANTOS
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2026

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta importante etapa de mi formación profesional, expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo y finalización de este trabajo de investigación.

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por facilitar las condiciones, el apoyo técnico y el espacio necesario para la ejecución del presente estudio.

Al Prof. Dr. Román Gordón Mendoza, por su orientación, acompañamiento y valiosos aportes técnicos en calidad de tutor de la presente investigación, así como por compartir sus conocimientos y experiencia a lo largo de este proceso.

De igual manera, expreso mi agradecimiento a los ingenieros Francisco Ramos, Ana Sáez, Jorge Núñez y Jorge Franco, así como a los jornaleros que formaron parte de este proceso, por su valioso apoyo técnico y humano, su disposición para colaborar y los conocimientos compartidos durante el desarrollo de la investigación, los cuales enriquecieron significativamente mi formación y experiencia en el campo.

A los docentes que contribuyeron a mi formación académica, especialmente a la Mgtr. Janeth Urriola y al Mgtr. José Nazario Rivera, miembros del comité, por sus recomendaciones y aportes que fortalecieron este trabajo. Así como también a todos mis compañeros, por el apoyo brindado y los conocimientos compartidos durante este periodo académico. Sin más que expresar, gracias a todos.

Eduardo José Barría Monterrey

DEDICATORIA

En primer lugar, doy gracias a Dios por el don de la vida, por darme la fortaleza y la oportunidad de alcanzar esta meta tan importante.

Dedico este logro a mi madre, Betsy Monterrey, y a mi padre, Secundino Barría, quienes han sido el principal motivo de mi esfuerzo y superación, brindándome su apoyo incondicional y guiándome para ser una mejor persona cada día.

A mi hermana, Yamileth, por estar siempre presente, apoyándome y motivándome a seguir adelante en cada etapa de este camino.

Con profundo cariño y gratitud, dedico este logro a ustedes.

Eduardo José Barría Monterrey

RESPUESTA AGRONÓMICA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ A DOS FECHAS DE SIEMBRA, EL EJIDO PANAMÁ, 2024

Barría M., Eduardo J. Respuesta agronómica de híbridos de maíz a dos fechas de siembra, El Ejido Panamá, 2024. Tesis de Ingeniería Agronómica en Cultivos Tropicales. Los Santos, Panamá. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 80 páginas.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico, productivo y adaptativo de diferentes híbridos de maíz establecidos en dos fechas de siembra bajo condiciones de secano en la región de Azuero. El estudio se desarrolló en El Ejido, provincia de Los Santos, utilizando un diseño experimental látice con dos ambientes correspondientes a las fechas de siembra de septiembre y octubre de 2024. Se evaluaron variables fenológicas, agronómicas y productivas, entre ellas rendimiento de grano, floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca, enfermedades foliares, acame y humedad de grano. Los datos fueron analizados mediante modelos mixtos REML/BLUP y análisis combinado de varianza para determinar diferencias entre genotipos, ambientes e interacción genotipo $\times$ ambiente. Los resultados mostraron diferencias significativas entre híbridos y fechas de siembra para la mayoría de las variables evaluadas. Se identificaron híbridos con menor sensibilidad ambiental y mayor estabilidad productiva entre fechas de siembra. Se concluye que la fecha de siembra constituye un factor determinante en la productividad del maíz en condiciones tropicales de secano y que la selección adecuada de híbridos permite reducir el impacto de la variabilidad climática sobre el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: *adaptabilidad, estabilidad fenotípica, interacción genotipo $\times$ ambiente, variabilidad climática.*

AGRONOMIC RESPONSE OF MAIZE HYBRIDS TO TWO SOWING DATES, EL EJIDO, PANAMA, 2024

Barría M., Eduardo J. Agronomic response of maize hybrids to two sowing dates, El Ejido, Panama, 2024. Agronomic Engineering in Tropical Crops. Los Santos, Panama. University of Panama. Faculty of Agricultural Sciences. 80 pages

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the agronomic, productive, and adaptive performance of different maize hybrids established at two planting dates under rainfed conditions in the Azuero region. The study was conducted in El Ejido, Los Santos Province, using a lattice experimental design with two environments corresponding to the planting dates of September and October 2024. Phenological, agronomic, and productive variables were evaluated, including grain yield, male and female flowering, plant height, ear height, foliar diseases, lodging, and grain moisture. Data were analyzed using REML/BLUP mixed models and combined analysis of variance to determine differences among genotypes, environments, and genotype $\times$ environment interaction. The results showed significant differences among hybrids and planting dates for most of the evaluated variables. Hybrids with lower environmental sensitivity and greater productive stability between planting dates were identified. It was concluded that planting date constitutes a determining factor in maize productivity under tropical rainfed conditions and that adequate hybrid selection helps reduce the impact of climatic variability on crop yield.

Keywords: *adaptability, phenotypic stability, genotype $\times$ environment interaction, climatic variability.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLA	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Antecedentes	4
1.3. Justificación	6
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis.....	9
1.5.1. Hipótesis 1	9
1.5.2. Hipótesis 2	9
1.6. Alcances y limitaciones	9
1.6.1. Alcances del trabajo	9

1.6.2.	Limitaciones del trabajo.....	10
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1.	Generalidades del cultivo de maíz	11
2.2.	Descripción botánica	12
2.3.	Generalidades de la región de Azuero	14
2.4.	Origen de los programas de mejoramiento genético	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1.	Área de estudio	19
3.2.	Diseño experimental.....	19
3.3.	Análisis estadístico	20
3.4.	Descripción de los tratamientos	21
3.5.	Arreglo en campo y manejo agronómico	22
3.6.	Toma de datos	25
3.7.	Variables evaluadas y su estimación	26
3.7.1.	Días a floración (femenina y masculina)	26
3.7.2.	Altura de planta	26
3.7.3.	Altura de mazorca	27
3.7.4.	Número de plantas cosechadas	28
3.7.5.	Acame de tallo	29
3.7.6.	Acame de raíz	29

3.7.7.	Número de mazorcas cosechadas	29
3.7.8.	Mazorcas podridas	30
3.7.9.	Aspecto de planta	31
3.7.10.	Aspecto de mazorca.....	31
3.7.11.	Enfermedades	32
3.7.12.	Cobertura de mazorca.....	33
3.7.13.	Peso de campo	33
3.7.14.	Porcentaje de humedad del grano	34
IV.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	35
4.1.	Condiciones climáticas durante el experimento	35
4.2.	Análisis combinado de varianza y parámetros genéticos	37
4.3.	Comportamiento agronómico entre fechas de siembra	40
4.4.	Comportamiento agronómico por híbridos	44
4.5.	Interacción híbridos x fecha de siembra	47
4.6.	Variables que mantuvieron mayor interacción por híbrido y fecha de siembra.....	50
V.	CONCLUSIONES.....	55
VI.	RECOMENDACIONES.....	57
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
VIII.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de híbridos a evaluar, color de grano y casa comercial.....	22
Tabla 2. Síntesis climática mensual durante el período crítico del ensayo septiembre 2024 a enero 2025.....	35
Tabla 3. Componentes de varianza, repetitividad y coeficiente de variación para las variables evaluadas.....	38
Tabla 4. Promedio de variables agronómicas según fecha de siembra.....	41
Tabla 5. Comportamiento agronómico promedio de los híbridos evaluados.....	45
Tabla 6. Rendimiento de grano (tha^{-1}) por híbrido y fecha de siembra.....	48
Tabla 7. Comportamiento de variables con mayor interacción por híbrido y fecha de siembra.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción botánica del maíz.....	12
Figura 2. Ubicación de los ensayos en la localidad de El Ejido.....	19
Figura 3. Establecimiento de las unidades experimentales de maíz.....	23
Figura 4. Programa de fertilización.....	24
Figura 5. Aplicación de los herbicidas.....	25
Figura 6. Evaluación de la floración del cultivo de maíz.....	26
Figura 7. Toma de altura de planta.....	27
Figura 8. Toma de altura de mazorca.....	28
Figura 9. Número de plantas cosechadas.....	28
Figura 10. Acame de tallo.....	29
Figura 11. Número de mazorcas cosechadas.....	30
Figura 12. Mazorcas podridas.....	30
Figura 13. Aspecto de la planta.....	31
Figura 14. Aspecto de la mazorca.....	32
Figura 15. Incidencia de enfermedades.....	32
Figura 16. Cobertura de mazorca.....	33
Figura 17. Toma de peso en campo.....	34
Figura 18. Toma de porcentaje de humedad del grano.....	34
Figura 19. Rendimiento de híbridos de maíz evaluados bajo dos fechas de siembra en El Ejido, Los Santos, 2024.....	49
Figura 20. % de mazorca con diente de perro en híbridos por fecha de siembra.....	52

Figura 21. Porcentaje de mazorcas podridas en híbridos por fecha de siembra...	53
Figura 22. Plantas por metro cuadrado (PTM2) en híbridos por fechas de siembra.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Comportamiento agronómico por variable en el mes de septiembre...	65
ANEXO 2. Comportamiento agronómico por variable en el mes de octubre.....	66
ANEXO 3. Precipitación recopilada diariamente durante los meses de experimentación.....	67

I. INTRODUCCIÓN

En Panamá se consumen, aproximadamente, 730 000 toneladas (t) de maíz por año, de las cuales 600,000 son importadas y el resto se produce nacionalmente (Indexmundi, 2024a, 2024b). En el año agrícola 2022-2023 se sembraron 19,371 hectáreas (ha) de las cuales se cosechó 92 782 t, entre los 777 productores a nivel nacional. En la Región de Azuero el área sembrada por este cultivo ha fluctuado en los últimos años, pero la misma alcanzó un promedio de 18 086.6 hectáreas en las últimas campañas. En esta misma zona se produce el 94 por ciento (%) de la producción nacional. Esta actividad involucró en promedio unos 666 productores (MIDA, 2023).

Sin embargo, en la actualidad la variabilidad y el cambio climático representan una grave amenaza para la seguridad alimentaria de la humanidad, al afectar la productividad y sostenibilidad de los cultivos (Estrada et al., 2022). Según Richardson et al. (2018) la variabilidad y los extremos climáticos son considerados los responsables del origen de las crisis alimentarias, especialmente, en las regiones con mayor marginación y subnutrición. Estos son unos de los principales fenómenos que ocurren en todo el mundo y que ha provocado cambios importantes en variables como la precipitación, la temperatura del aire, la humedad relativa y la radiación solar (Ochieng et al., 2016). Especies de cultivos como el maíz, el trigo, el arroz, el sorgo, entre otros, son altamente sensibles a la variación de la temperatura y a los cambios en los patrones de lluvia, lo que impacta, directamente, en su rendimiento (Baffour et al., 2023).

En este mismo sentido Harkness et al., (2020) y Baum et al., (2020) mencionan que, la producción de maíz depende en gran medida de las condiciones climáticas y de los eventos climáticos extremos, cuando las condiciones normales experimentadas por los cultivos cambian, pueden tener un impacto importante sobre este. De igual forma, durante las diferentes etapas de desarrollo, como la germinación y emergencia, crecimiento vegetativo, floración y fecundación, llenado de granos y madurez, son muy sensibles a los eventos climáticos extremos, estas condiciones pueden reducir, severamente, el rendimiento del cultivo y afectar su calidad (Ureta et al., 2020; Noein & Soleymani, 2022).

Estas alteraciones antes mencionadas (variabilidad y cambio climático), provocan modificaciones en el ciclo de siembra, debido a la variación de las condiciones meteorológicas, así como cambios tanto positivos y negativos en los rendimientos para distintas regiones geográficas (Ye et al., 2017; Leng, 2019).

1.1. Planteamiento del problema

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria mundial, pero su productividad se encuentra cada vez más condicionada por la variabilidad climática, especialmente por cambios en la distribución de la precipitación, incremento de temperaturas, sequías intraestacionales y ocurrencia de eventos extremos. El cultivo de maíz es altamente sensible al estrés hídrico y térmico, principalmente cuando estos factores coinciden con etapas críticas como floración, fecundación y llenado de

grano, provocando reducciones importantes en el rendimiento y en la estabilidad productiva (Wu et al., 2024).

En América Latina, esta problemática adquiere mayor relevancia debido a que una proporción importante de la producción de maíz depende de sistemas de secano, donde el rendimiento está estrechamente relacionado con la oportunidad de siembra y la disponibilidad de humedad durante el ciclo del cultivo. Al respecto, Cruz et al., (2024) señalan que, en estos sistemas, la selección de fechas de siembra adecuadas permite reducir la probabilidad de que el periodo reproductivo coincida con déficit hídrico o altas temperaturas, por lo que la evaluación de genotipos bajo diferentes ambientes de siembra constituye una herramienta fundamental para mejorar la adaptación productiva.

En Panamá, particularmente en la provincia de Los Santos y la localidad de El Ejido, se presenta condiciones de alto interés agronómico porque concentra gran parte de la producción nacional de maíz mecanizado, pero también enfrenta limitaciones asociadas a la distribución irregular de las lluvias. De acuerdo con Gordon et al. (2004) el efecto del agua sobre la producción del maíz en las zonas tropicales es determinante; y las siembras tardías en Azuero incrementan el riesgo de que el cultivo enfrente deficiencias hídricas durante su periodo crítico, especialmente cuando la floración y el llenado de grano coinciden con una reducción de la precipitación disponible.

Las consecuencias económicas y sociales de esta problemática son evidentes. Según el Cierre Agrícola 2024-2025 del MIDA (2025), el maíz mecanizado registró 18,767 ha sembradas, 18,749 ha cosechadas, 1,984,970

quintales producidos y un rendimiento promedio nacional de 105.9 qq/ha; además, Los Santos aportó cerca del 88.81% de la producción nacional. El mismo informe indica que el aporte económico del rubro disminuyó 18.8% debido a la reducción de hectáreas sembradas asociada a afectaciones por variabilidad climática, con un aporte económico estimado de B/. 42.3 millones y un costo de producción de B/. 2,252.48 por hectárea.

Por tanto, el problema central de esta investigación radica en que no todos los híbridos de maíz responden de igual manera cuando se modifican las fechas de siembra, especialmente bajo condiciones de secano y variabilidad climática. Esta situación genera incertidumbre técnica para los productores al momento de seleccionar materiales genéticos y definir la fecha más segura de establecimiento del cultivo. En consecuencia, evaluar la respuesta agronómica, fenológica y productiva de híbridos de maíz en dos fechas de siembra permitirá identificar materiales con mejor adaptación y estabilidad, aportando información útil para mejorar la toma de decisiones en la zona maicera de Los Santos.

1.2. Antecedentes

El cultivo de maíz mantiene su productividad estrechamente condicionada por la disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo, siendo el agua uno de los factores más limitantes tanto para la producción de grano como de forraje en numerosas regiones agrícolas del mundo (Bonilla, 2024). Esta dependencia adquiere mayor relevancia en sistemas de producción de secano, donde la distribución irregular de las precipitaciones puede comprometer significativamente el desarrollo fisiológico y el rendimiento final del cultivo.

A pesar de que el maíz es reconocido como una especie con alta variabilidad genética y considerable capacidad de adaptación ambiental, los escenarios actuales de variabilidad y cambio climático representan una amenaza creciente para la estabilidad de su producción. En países pioneros en el cultivo del maíz como México, Cruz et al., (2024) indican que, factores asociados al calentamiento global, como el incremento de la temperatura y las alteraciones en los patrones de precipitación, junto con las crisis económicas y alimentarias internacionales, han incrementado la vulnerabilidad de los sistemas productivos y de las comunidades rurales dependientes de la agricultura.

En Panamá, Gordón (2021) señala que durante las últimas dos décadas las condiciones climáticas han mostrado un comportamiento cada vez más desfavorable para las actividades agropecuarias, caracterizado por la ocurrencia recurrente de eventos extremos y desastres naturales.

Desde el punto de vista fisiológico, el cultivo de maíz presenta requerimientos hídricos que oscilan entre 500 y 800 milímetros (mm) durante su ciclo de desarrollo; sin embargo, la sequía y la escasez de agua continúan siendo los principales factores abióticos que limitan la producción agrícola en regiones tropicales, áridas y semiáridas (Chen et al., 2019). El cultivo puede verse afectado por diversos tipos de estrés durante todas sus fases ontogénicas, desde la germinación hasta la madurez fisiológica. No obstante, el periodo comprendido entre la floración masculina y la etapa R2 o fase lechosa constituye la etapa crítica de mayor sensibilidad al déficit hídrico, pudiendo ocasionar pérdidas de hasta un 55% del potencial de rendimiento (Gordón, 2025).

Además, la magnitud del estrés hídrico y la velocidad de pérdida de agua dependen de factores ambientales como la temperatura del aire, la humedad relativa, la radiación solar, la velocidad del viento y el área foliar desarrollada por el cultivo (Tarazona et al., 2022).

En la región de Azuero, las condiciones climáticas presentan una marcada variabilidad espacial y temporal, lo cual influye directamente sobre la productividad del maíz y sobre la definición de las fechas óptimas de siembra. Gordón (2014), al analizar la distribución de las lluvias durante el período 1995-2013, identificó diferencias importantes en los acumulados pluviométricos entre las distintas zonas de la región. Según este autor, la Zona Norte, integrada por los distritos de Parita, Chitré, Los Santos y Guararé presenta promedios anuales cercanos a 1000 mm, mientras que la Zona Sur conformada por Las Tablas, Pocrí y Pedasí, registra acumulados aproximados de 1500 mm anuales. Estas diferencias en la distribución y disponibilidad de lluvia modifican el riesgo climático asociado a las fechas de siembra y condicionan la respuesta agronómica de los híbridos de maíz establecidos en cada ambiente productivo.

1.3. Justificación

La producción de maíz en ambientes tropicales enfrenta actualmente importantes desafíos asociados a la variabilidad climática, particularmente en sistemas de producción de secano donde la disponibilidad y distribución de las precipitaciones determinan, en gran medida, el comportamiento agronómico y productivo de los cultivares. En este contexto, la identificación de híbridos con alto potencial de rendimiento, estabilidad agronómica y capacidad de adaptación a

distintos ambientes constituye una prioridad para los programas modernos de mejoramiento genético y para los sistemas agrícolas orientados a incrementar la productividad y reducir el riesgo climático.

Diversas investigaciones recientes han demostrado que la interacción genotipo por ambiente representa uno de los principales factores que condicionan la expresión fenotípica y la estabilidad del rendimiento en maíz, debido a que los híbridos pueden responder de manera diferente cuando son evaluados bajo distintas condiciones edafoclimáticas y fechas de siembra. Por esta razón, el estudio de la adaptabilidad y estabilidad de los materiales genéticos es fundamental para la selección y recomendación de híbridos superiores en ambientes tropicales variables (Ponce et al., 2022).

En Panamá, y particularmente en la región de Azuero, la variabilidad en la distribución de las lluvias representa uno de los principales factores de riesgo para la producción de maíz mecanizado. Gordón (2014) señala que las diferencias en los patrones pluviométricos de la región condicionan la definición de fechas óptimas de siembra y modifican el riesgo de ocurrencia de estrés hídrico durante las etapas críticas del cultivo. Asimismo, este autor indica que las siembras tardías incrementan considerablemente la probabilidad de afectaciones por déficit hídrico, especialmente cuando el periodo reproductivo coincide con la disminución de las precipitaciones.

La importancia de esta investigación radica en que permitirá generar información científica y técnica sobre la respuesta agronómica de híbridos de maíz bajo dos fechas de siembra en las condiciones agroclimáticas de El Ejido, Los

Santos, una de las principales zonas productoras del país. Los resultados contribuirán a identificar materiales con mejor adaptación, estabilidad y potencial productivo frente a escenarios de variabilidad climática, facilitando la toma de decisiones relacionadas con la selección de híbridos y la planificación de las épocas de siembra.

Además, esta investigación posee relevancia económica y social, ya que la producción de maíz constituye una actividad estratégica para los productores de la región de Azuero y para la seguridad alimentaria nacional. La generación de recomendaciones técnicas orientadas a reducir pérdidas por estrés hídrico y optimizar el rendimiento del cultivo permitirá mejorar la eficiencia productiva, disminuir el riesgo agrícola y fortalecer la sostenibilidad del sistema productivo maicero en Panamá.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta agronómica de híbridos de maíz a dos fechas de siembra, El Ejido Panamá, 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del estrés hídrico en el rendimiento de grano de los híbridos de maíz.
- Analizar la respuesta fenológica (duración de las etapas vegetativas y reproductivas) de los híbridos de maíz en función de dos fechas de siembra.

- Identificar híbridos superiores con buena estabilidad en rendimiento y adaptabilidad específica en los ambientes evaluados.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis 1

Ho: Los híbridos no sufren estrés hídrico en la segunda fecha de siembra seleccionada.

Ha: Los híbridos sufren estrés hídrico en la segunda fecha de siembra seleccionada.

1.5.2. Hipótesis 2

Ho: Los híbridos presentan los mismos rendimientos en ambas fechas.

Ha: Los híbridos presentan rendimientos distintos en ambas fechas.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances del trabajo

La presente investigación tuvo como alcance evaluar la respuesta agronómica de híbridos de maíz establecidos en dos fechas de siembra bajo las condiciones agroclimáticas de El Ejido, provincia de Los Santos, con el propósito de identificar la época más adecuada para el establecimiento del cultivo en la región de Azuero. Asimismo, permitió generar información técnica orientada a apoyar la toma de decisiones de los productores respecto a la selección de híbridos con mejor adaptación, estabilidad agronómica y potencial de rendimiento frente a condiciones de variabilidad climática.

De igual forma, el estudio contribuyó a la identificación de materiales genéticos superiores con características favorables de adaptación y productividad, los cuales podrían representar alternativas viables para fortalecer la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de maíz en Panamá.

1.6.2. Limitaciones del trabajo

Entre las principales limitaciones de la investigación se consideró la alta variabilidad climática característica de la región, debido a la ocurrencia de fenómenos como períodos de sequía o precipitaciones excesivas, los cuales pudieron afectar el desarrollo fisiológico del cultivo y el comportamiento agronómico de los híbridos evaluados.

Adicionalmente, se contempló como posible limitación la baja germinación de algunos materiales genéticos, situación que habría podido restringir la evaluación adecuada de su desempeño dentro de los ambientes estudiados. Del mismo modo, la incidencia de plagas o enfermedades durante el ciclo del cultivo pudo influir sobre algunas variables agronómicas y productivas evaluadas en el experimento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de maíz

El maíz es una gramínea anual de metabolismo fotosintético C₄, característica que le permite alcanzar altas tasas de acumulación de biomasa y eficiencia en el uso de la radiación bajo condiciones favorables de temperatura, luminosidad y disponibilidad hídrica. Esta condición explica su alto potencial productivo en ambientes tropicales y subtropicales; sin embargo, también lo hace altamente dependiente del manejo agronómico, la fecha de siembra, la disponibilidad de agua y la selección adecuada del genotipo.

En términos productivos, el maíz ocupa una posición estratégica dentro de los sistemas agroalimentarios debido a su contribución a la seguridad alimentaria y nutricional. Tanumihardjo et al. (2020) destacan que los sistemas agroalimentarios basados en maíz son esenciales para la seguridad alimentaria mundial, no solo por el volumen de producción, sino también por su importancia cultural, histórica y contemporánea en distintas regiones del mundo.

El cultivo presenta una alta plasticidad genética y fenotípica, lo que ha permitido el desarrollo de híbridos adaptados a diferentes ambientes, ciclos de cultivo, colores de grano, usos industriales y niveles de tolerancia frente a factores bióticos y abióticos. El CIMMYT señala que sus programas de maíz desarrollan y distribuyen líneas endogámicas e híbridos mejorados a socios en distintas regiones del mundo, con el propósito de fortalecer la seguridad alimentaria, los ingresos y los medios de vida de pequeños productores en zonas tropicales y subtropicales de África, Asia y América Latina.

2.2. Descripción botánica

El maíz es una especie alógama y monoica, es decir, posee flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta, lo que favorece la polinización cruzada y contribuye a su amplia variabilidad genética (Vilca, 2025) (Figura 1).

Figura 1.

Descripción botánica del maíz



Nota. Tomado de *Flora de Filipinas*, por F. M. Blanco, 1883, Biblioteca Digital del Real Jardín Botánico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), (<https://n9.cl/vn7ci2>) Dominio público.

Es una planta que Sánchez (2014) describe desde el sistema radical fasciculado y conformado por raíces seminales, raíces nodales y raíces adventicias. Las raíces seminales se desarrollan durante las primeras etapas de crecimiento a partir de la semilla, mientras que las raíces nodales constituyen el principal sistema de absorción de agua y nutrientes durante el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo. En condiciones favorables, el sistema radical puede alcanzar profundidades superiores a 1.5 metros, permitiendo cierto grado de tolerancia a períodos cortos de déficit hídrico.

El tallo es erecto, cilíndrico y macizo, compuesto por nudos y entrenudos bien diferenciados. Su altura varía dependiendo del genotipo, las condiciones ambientales y el manejo agronómico, pudiendo oscilar entre 1.5 y más de 3 metros (Vilca, 2025). El tallo cumple funciones estructurales y de almacenamiento temporal de fotoasimilados, además de servir como soporte para hojas y estructuras reproductivas.

Las hojas son alternas, alargadas y lanceoladas, compuestas por vaina, lígula y lámina foliar. La disposición foliar favorece una eficiente interceptación de la radiación solar, aspecto fundamental para el proceso fotosintético y la acumulación de biomasa. El maíz posee metabolismo fotosintético tipo C4, lo que le confiere alta eficiencia en el uso de la luz, el agua y el dióxido de carbono, especialmente bajo condiciones de altas temperaturas y elevada radiación (Gordón, 2021).

La inflorescencia masculina corresponde a la panoja o espiga terminal, localizada en la parte superior de la planta, cuya función es producir y liberar el polen. Por otra parte, la inflorescencia femenina está representada por la mazorca, que se desarrolla en las yemas axilares ubicadas en la parte media del tallo (Vilca, 2025). Cada mazorca está formada por el olote, las hileras de granos y los estigmas o “pelos”, estructuras encargadas de captar el polen durante la fecundación.

El fruto del maíz es una cariósida comúnmente denominado grano, compuesto por pericarpio, endospermo y embrión (Sánchez, 2014). Dependiendo de la textura y composición del endospermo, los granos pueden clasificarse en

dentados, cristalinos, harinosos, dulces, cerosos y reventadores. Esta diversidad está asociada a diferentes usos alimentarios, industriales y pecuarios.

Desde el punto de vista fenológico, el cultivo atraviesa dos grandes etapas de desarrollo: la fase vegetativa y la fase reproductiva. La etapa vegetativa comprende desde la germinación hasta la emisión de la panoja, mientras que la fase reproductiva inicia con la floración y culmina con la madurez fisiológica del grano. Entre estas etapas, la floración y el llenado de grano son considerados períodos críticos debido a la alta sensibilidad del cultivo al estrés hídrico y térmico (FAO, 2023).

2.3. Generalidades de la región de Azuero

La región de Azuero se localiza en la península de mayor extensión territorial de la República de Panamá y se encuentra comprendida entre los 7°12' y 8°05' de latitud norte y los 79°59' y 81°06' de longitud oeste. Limita al norte con las provincias de Coclé y Veraguas, al sur con el océano Pacífico, al oeste con el golfo de Montijo y al este con el golfo de Panamá. En esta región se ubican las provincias de Herrera, Los Santos y la porción suroriental de la provincia de Veraguas (Gordón, 2020).

Desde el punto de vista climático, la región presenta características propias del clima tropical de sabana (Aw), según la clasificación de Köppen (IMHPA, 2021), y corresponde a la zona de vida Bosque Seco Tropical de acuerdo con la clasificación de Holdridge (ANAM, 2010). Estas condiciones climáticas determinan un ambiente con marcada estacionalidad hídrica, donde la disponibilidad de agua

constituye uno de los principales factores que condicionan el desarrollo de las actividades agropecuarias.

En términos pluviométricos, en la región se distinguen claramente dos estaciones o regímenes de precipitación: la estación seca y la estación lluviosa. La época seca se extiende, generalmente, desde finales del mes de noviembre hasta inicios de mayo, mientras que la estación lluviosa comprende el período entre mayo y noviembre, aunque con menor intensidad de precipitación en comparación con otras regiones del país (Gordón, 2020).

De acuerdo con Gordón et al. (2017), la distribución espacial de las precipitaciones en Azuero presenta diferencias importantes entre las localidades del norte y del sur de la región. Las localidades del norte, entre ellas Parita, La Villa y El Ejido, registran acumulados anuales inferiores a 1 200 mm, siendo El Ejido la localidad con el menor promedio anual de precipitación (911,8 mm). Por el contrario, las localidades del sur, como Pocrí, Cañafístulo y Pedasí, presentan acumulados pluviométricos superiores, destacándose Pedasí con una media anual de 1 537 mm. Además de las diferencias en el volumen total de precipitación, todas las localidades muestran una elevada variabilidad mensual durante el período lluvioso comprendido entre mayo y diciembre.

Los autores señalan la presencia de una depresión pluviométrica o canícula durante el período lluvioso en la mayoría de las localidades evaluadas, con excepción de Pedasí y Pocrí, donde este fenómeno presenta un comportamiento diferente. En Pedasí, la canícula ocurre generalmente durante el mes de julio, mientras que en Pocrí tiende a presentarse en septiembre. Estas variaciones en

la distribución de las lluvias tienen implicaciones directas sobre la planificación agrícola y el comportamiento productivo del cultivo de maíz en la región.

Durante el período en que normalmente se desarrolla la producción de maíz mecanizado en Azuero, comprendido entre agosto y diciembre, también se observan diferencias importantes en los acumulados de precipitación entre las localidades del norte y del sur. Las localidades del norte presentan acumulados inferiores a 750 mm, mientras que en las localidades del sur los valores son considerablemente mayores. En este contexto, Pedasí y El Ejido representan los extremos pluviométricos de la región, con acumulados de 914,9 y 569,1 mm, respectivamente (Gordón et al., 2017b).

Por otra parte, Gordón (2020) indica que existe una disminución progresiva de la precipitación acumulada conforme las fechas de siembra se aproximan al mes de octubre. Las siembras realizadas el 1 de agosto presentan acumulados promedios cercanos a 329 mm durante el período crítico del cultivo, mientras que las efectuadas el 10 de octubre apenas alcanzan aproximadamente 89 mm. Con base en estos análisis, el autor concluye que en la región de Azuero las siembras deben realizarse, en promedio, hasta el 15 de septiembre, ya que fechas posteriores incrementan significativamente el riesgo de déficit hídrico durante el período crítico del cultivo, especialmente entre los 51 y 100 días después de siembra, cuando los acumulados de lluvia pueden ser inferiores a 225 mm.

2.4. Origen de los programas de mejoramiento genético

La evaluación de nuevos cultivares de maíz en distintos ambientes de la región mesoamericana constituye una estrategia de investigación desarrollada

desde mediados del Siglo XX, orientada a identificar materiales genéticos con mayor adaptación, estabilidad y rendimiento bajo diferentes condiciones agroecológicas. En este contexto, el Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA) ha desempeñado un papel fundamental en la validación regional de híbridos y variedades de maíz mediante ensayos multilocales realizados en diversos países de Centroamérica y el Caribe. La continuidad de estos programas ha permitido fortalecer las metodologías experimentales, los sistemas de evaluación agronómica y los análisis estadísticos utilizados en la selección de genotipos superiores para ambientes tropicales variables (PCCMCA, 2023).

De igual manera, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) se ha consolidado como una de las principales instituciones de investigación agrícola a nivel mundial en el desarrollo de germoplasma mejorado de maíz y trigo. Desde sus inicios, este organismo ha contribuido significativamente al incremento de la productividad agrícola mediante el desarrollo de híbridos con mayor potencial de rendimiento, tolerancia a estrés hídrico y resistencia a plagas y enfermedades, además de impulsar tecnologías relacionadas con agricultura sostenible, manejo eficiente de recursos y adaptación al cambio climático (CIMMYT, 2023). Actualmente, sus programas de investigación tienen impacto en múltiples regiones tropicales y subtropicales, incluyendo América Latina, donde el maíz constituye uno de los principales cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria.

En este sentido, los avances en mejoramiento genético representan una herramienta clave para incrementar la competitividad y sostenibilidad de la producción de maíz en Panamá. Aunque en el país se han liberado previamente híbridos adaptados a las condiciones agroclimáticas de las zonas bajas e intermedias del litoral Pacífico, continúa siendo necesario evaluar nuevos genotipos con mejor adaptación y estabilidad productiva frente a escenarios de alta variabilidad climática.

Por esta razón, los ensayos uniformes promovidos por el PCCMCA y por instituciones de investigación como el CIMMYT permiten evaluar anualmente híbridos desarrollados tanto por programas públicos como por compañías privadas productoras de semillas, con el objetivo de identificar materiales con mayor tolerancia a factores bióticos y abióticos y mejor comportamiento agronómico en los ambientes tropicales de producción.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la finca experimental del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicada en El Ejido, provincia de Los Santos. Esta localidad se encuentra a 30 metros sobre el nivel del mar (msnm), con coordenadas geográficas 7° 55' 00" de latitud norte y 80° 23' 00" de longitud oeste (Figura 2).

Figura 2.

Ubicación de los ensayos en la localidad de El Ejido



Nota. Imagen satelital obtenida de Google Earth (Google, 2026).

3.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques incompletos tipo Alfa Látice 6 x 3, con el objetivo de controlar la variabilidad experimental y aumentar la precisión en la comparación de los genotipos evaluados.

Los tratamientos estuvieron constituidos por híbridos de maíz evaluados en dos fechas de siembra, considerándose cada fecha como un ambiente distinto.

El modelo matemático utilizado para el análisis de los ensayos individuales fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + B_j(R_i) + G_k + E_{ijk}$$

Mientras que, para el análisis combinado de ambientes, se empleó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + R_j(L_i) + B_j(L_i R_i) + G_k + (L \times G)_{lk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk} , Y_{ijkl} : valor observado de la variable en estudio

μ : media general

L_i : efecto del ambiente (fecha de siembra)

R_i : efecto de repetición

$R_j(L_i)$: efecto de repetición dentro de ambiente

$B_j(R_i)$: efecto de bloques dentro de repetición

$B_j(L_i R_i)$: efecto de bloques dentro de la interacción ambiente-repetición

G_k : efecto de genotipo

$(L \times G)_{lk}$: interacción genotipo $\times$ ambiente

E_{ijk} , E_{ijkl} : error experimental

3.3. Análisis estadístico

Los datos experimentales fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el enfoque de Modelos Mixtos bajo el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML). En este contexto, los ambientes fueron considerados como

efectos aleatorios, mientras que los genotipos se trataron como efectos fijos. Se realizaron análisis individuales por ambiente y un análisis combinado para evaluar la estabilidad y la magnitud de la interacción genotipo $\times$ ambiente.

La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS), al nivel de significancia de 0.05. Asimismo, se estimó la repetibilidad de los ensayos, excluyendo del análisis combinado aquellos ambientes con valores inferiores a 0,20, con el propósito de garantizar la confiabilidad de las inferencias estadísticas.

3.4. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados correspondieron a híbridos de maíz de diferentes constituciones genéticas (simples y triples), con variación en tipo de grano (blanco y amarillo), textura del endospermo dentado y cristalino y de tipo normal.

Los genotipos provinieron de diversas casas comerciales, con el objetivo de representar una amplia variabilidad genética y evaluar su comportamiento agronómico bajo condiciones de temporal.

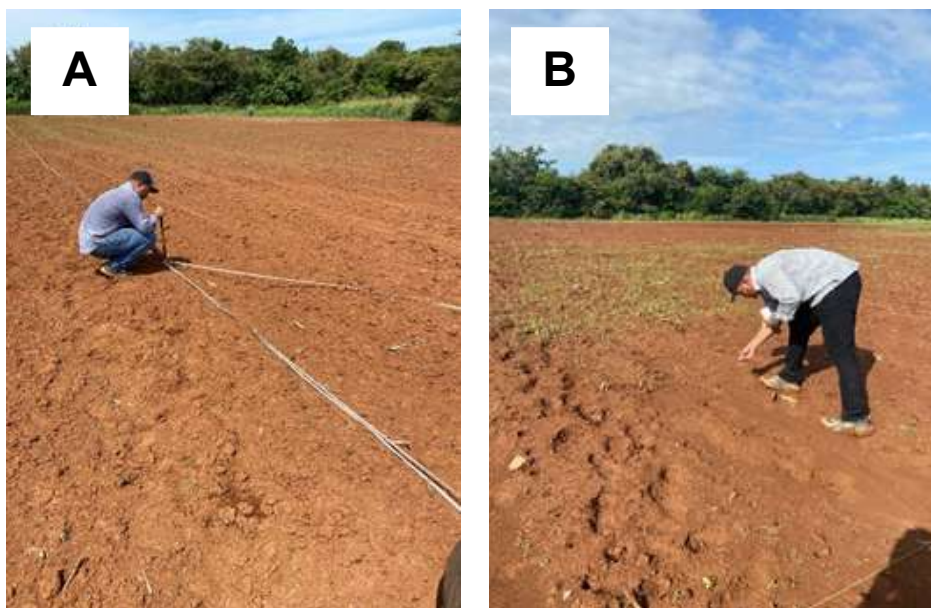
Tabla 1.*Lista de híbridos a evaluar, color de grano y casa comercial*

	Cultivar	Color	Casa
1	ADV8480	B	Advanta
2	ADV8233	B	Advanta
3	HR663	B	DISAGRO
4	HD40	B	DISAGRO
5	HTK180556	A	Advanta
6	HTK180582	A	Advanta
7	HTK200014	A	Advanta
8	PACER14013	A	Advanta
9	HR960	A	DISAGRO
10	HD50	A	DISAGRO
11	DW1830B	A	Duwest
12	30F35	A	Pioneer
13	P3898	A	Pioneer
14	ADV9789	A	Advanta
15	ADV9293	A	Advanta
16	HVM110427	A	Advanta
17	AZOR	A	Advanta
18	ADV8060	A	Advanta

Nota: (A) Grano amarillo, (B) Grano blanco.

3.5. Arreglo en campo y manejo agronómico

El experimento fue establecido en parcelas experimentales conformadas por dos surcos de 5.2 m de longitud, con una distancia entre surcos de 0.75 m y una separación entre plantas de 0.20 m, lo que permitió establecer una densidad de siembra acorde con las recomendaciones técnicas para el cultivo en la región. La siembra del maíz se realizó bajo un sistema 1-1-2, para posteriormente efectuar el raleo y asegurar una población uniforme de plantas en cada unidad experimental (Figura 3). Con el fin de minimizar el efecto de borde sobre las unidades experimentales ubicadas en los extremos de cada repetición, se sembraron dos surcos de borde a ambos lados del ensayo.

Figura 3.*Establecimiento de las unidades experimentales de maíz*

Nota. (A) Medición de las parcelas, (B) Siembra de los materiales.

El manejo agronómico del cultivo se realizó siguiendo las recomendaciones de la Guía para el Manejo Integrado del Cultivo de Maíz del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) (Gordón, 2021). Las prácticas de control de plagas se efectuaron de acuerdo con la incidencia observada durante el desarrollo del cultivo. Al momento de la siembra, se aplicaron 273 kg ha^{-1} de la fórmula física 15.8-26-10-7.6, colocada en bandas al lado de la línea de plantas. Posteriormente, se realizaron dos aplicaciones suplementarias de nitrógeno: la primera a los 21 días después de la siembra (dds), utilizando la fórmula 37.7-0-0-8 (Urea-S), y la segunda a los 37 dds con la fórmula 30-0-20 (Urea-K), aplicadas a razón de 159 y 204 kg ha^{-1} , respectivamente (Figura 4).

Figura 4.

Programa de fertilización



Nota. (A) Preparación del terreno, (B) Fertilización aplicada.

El control de malezas se realizó mediante la aplicación de una mezcla de glifosato, atrazina y pendimetalina, a razón de 1.5 kg de ingrediente activo por hectárea, inmediatamente después de la siembra (Figura 5). Además, se utilizaron coadyuvantes con el propósito de mejorar la adherencia, penetración y efectividad de la mezcla herbicida. La aplicación se efectuó utilizando una bomba de motor de espalda con una descarga de 300 litros de agua por hectárea.

Figura 5.

Aplicación de los herbicidas



3.6. Toma de datos

La recolección de datos se realizó durante todo el ciclo fenológico del cultivo, registrándose variables cuantitativas y cualitativas de importancia agronómica.

Entre las variables cuantitativas se incluyeron: días a floración masculina y femenina, altura de planta, altura de inserción de mazorca, número de plantas cosechadas, número de mazorcas cosechadas, peso de campo, porcentaje de humedad del grano y rendimiento de grano.

Las variables cualitativas comprendieron: acame de tallo y raíz, incidencia y severidad de enfermedades, aspecto de planta, aspecto de mazorca y cobertura de mazorca, las cuales fueron evaluadas mediante escalas visuales estandarizadas.

3.7. Variables evaluadas y su estimación

3.7.1. Días a floración (femenina y masculina)

La evaluación de los días a floración femenina se realizó mediante monitoreo diario a partir de la siembra, registrándose el número de días transcurridos hasta que el 50% de las plantas en cada parcela presentaron estigmas visibles con una longitud aproximada de 2 a 3 cm (Figura 6). De igual manera, para la floración masculina se registró el número de días transcurridos hasta que el 50% de las plantas alcanzaron la emisión de polen.

Figura 6.

Evaluación de la floración del cultivo de maíz



Nota. (A) Floración femenina, (B) Floración masculina.

3.7.2. Altura de planta

La altura de planta se midió en centímetros, tomando como referencia la distancia desde la base de la planta hasta el punto de inserción de la espiga. Esta

evaluación se efectuó en plantas representativas de cada parcela, aproximadamente entre dos y tres semanas después de la floración (Figura 7).

Figura 7.

Toma de altura de planta



3.7.3. Altura de mazorca

La altura de mazorca se determinó midiendo la distancia desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca superior, expresada en centímetros (Figura 8). Las mediciones se realizaron en plantas seleccionadas dentro de cada unidad experimental en la etapa posterior a la floración.

Figura 8.

Toma de altura de mazorca



3.7.4. Número de plantas cosechadas

El número de plantas cosechadas se obtuvo mediante el conteo total de plantas presentes en cada parcela al momento de la cosecha, permitiendo evaluar el establecimiento final y la supervivencia del cultivo (Figura 9).

Figura 9.

Número de plantas cosechadas



3.7.5. Acame de tallo

El acame de tallo se evaluó cuantificando el número de plantas que presentaron una inclinación igual o mayor a 30° con respecto a la vertical, condición que fue registrada al final del ciclo del cultivo.

Figura 10.

Acame de tallo



3.7.6. Acame de raíz

El acame de raíz se determinó mediante el conteo de plantas volcadas o con daño en el sistema radical, evidenciado por la pérdida de anclaje al suelo, evaluado en la etapa final del cultivo.

3.7.7. Número de mazorcas cosechadas

El número de mazorcas cosechadas se registró mediante el conteo total de mazorcas recolectadas en cada parcela durante la cosecha, constituyendo un indicador directo del potencial productivo (Figura 11).

Figura 11.

Número de mazorcas cosechadas



3.7.8. Mazorcas podridas

La incidencia de mazorcas podridas se evaluó contando el número de mazorcas afectadas por hongos en cada parcela (Figura 12).

Figura 12.

Mazorcas podridas



3.7.9. Aspecto de planta

El aspecto de planta se calificó de manera integral en cada parcela, considerando características como vigor, uniformidad, sanidad y presencia de acame, utilizando una escala visual de 1 (excelente) a 5 (deficiente) (Figura 13).

Figura 13.

Aspecto de la planta



3.7.10. Aspecto de mazorca

El aspecto de mazorca se evaluó posterior a la cosecha (Figura 14), analizando características como tamaño, llenado del grano, uniformidad y daños causados por plagas o enfermedades, empleando una escala de 1 (óptimo) a 5 (deficiente).

Figura 14.

Aspecto de la mazorca



3.7.11. Enfermedades

La incidencia y severidad de enfermedades se estimaron mediante observación visual en cada parcela (Figura 15), utilizando una escala de 1 a 9, donde 1 indicó ausencia de síntomas y 9 correspondió a infecciones severas.

Figura 15.

Incidencia de enfermedades



3.7.12. Cobertura de mazorca

La cobertura de mazorca se evaluó contabilizando el número de mazorcas que presentaron exposición parcial del grano antes de la cosecha (Figura 16), lo que permitió estimar el grado de protección natural proporcionado por las brácteas.

Figura 16.

Cobertura de mazorca



3.7.13. Peso de campo

El peso de campo se determinó registrando el peso total de las mazorcas con tusa por parcela, expresado en kilogramos, utilizando una balanza previamente calibrada (Figura 17).

Figura 17.

Toma de peso en campo



3.7.14. Porcentaje de humedad del grano

El porcentaje de humedad del grano se obtuvo a partir de muestras representativas de cada parcela (Figura 18), las cuales fueron desgranadas y analizadas al momento de la cosecha, con el fin de ajustar posteriormente los valores de rendimiento a una base estándar.

Figura 18.

Toma de porcentaje de humedad del grano



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones climáticas durante el experimento

Durante el período experimental se registró una distribución irregular de la precipitación, evidenciando contrastes importantes entre los meses de evaluación (Tabla 2). De acuerdo con los registros del Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA), septiembre de 2024 presentó una precipitación acumulada de 198.5 mm, superior en 38.7 mm al promedio histórico, equivalente al 124.2 % de lo normal. Estas condiciones favorecieron el establecimiento y desarrollo inicial del cultivo correspondiente a la primera fecha de siembra.

Tabla 2.

Síntesis climática mensual durante el período crítico del ensayo, septiembre 2024 a enero 2025

Mes	Lluvia observada (mm)	Promedio histórico (mm)	Anomalía (mm)	% del histórico	Días con lluvia	Lluvia máxima diaria (mm)	Temp. prom. (°C)
Septiembre	198.5	159.8	+38.7	124.2	18	54.0	27.4
Octubre	144.5	207.7	-63.2	69.6	11	41.5	27.7
Noviembre	263.0	137.7	+125.3	191.0	17	49.0	26.7
Diciembre	124.5	46.4	+78.1	268.3	8	62.5	27.7
Enero	5.0	11.9	-6.9	42.0	3	3.5	28.2

Nota. Elaboración propia con datos del Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA), correspondientes al período 2024-2025. Fuente de acceso público.

En contraste, octubre registró una precipitación acumulada de 144.5 mm, inferior al promedio histórico de 207.7 mm, generando una anomalía negativa de 63.2 mm y alcanzando solamente el 69.6 % de la precipitación normal para ese mes. Esta reducción en la disponibilidad hídrica coincidió con las etapas iniciales

de desarrollo de la segunda fecha de siembra y constituyó una condición ambiental menos favorable para el crecimiento vegetativo temprano del cultivo.

Durante noviembre y diciembre se registraron precipitaciones superiores a los promedios históricos. En noviembre se acumularon 263.0 mm de lluvia, equivalente al 191.0 % del promedio histórico, mientras que diciembre registró 124.5 mm, correspondiente al 268.3 % de lo normal para ese mes. Estas condiciones de elevada humedad durante las etapas reproductivas y de llenado de grano pudieron influir en variables relacionadas con la sanidad de mazorca, la incidencia de pudriciones y el contenido de humedad del grano al momento de la cosecha.

Por su parte, enero presentó una marcada disminución de las precipitaciones, registrándose únicamente 5.0 mm de lluvia, valor inferior al promedio histórico de 11.9 mm. Esta condición coincidió con el período de cosecha del ensayo y favoreció las labores de recolección, secado natural y manejo poscosecha del grano.

La temperatura promedio mensual mostró escasa variación durante el período de estudio, fluctuando entre 26.7 y 28.2 °C, rango considerado adecuado para el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. Sin embargo, las diferencias observadas en la distribución temporal de las precipitaciones constituyeron el principal factor ambiental asociado a las variaciones registradas en el comportamiento agronómico y productivo de los híbridos evaluados.

La menor precipitación observada durante octubre coincidió con el establecimiento de la segunda fecha de siembra, mientras que los elevados acumulados registrados durante noviembre y diciembre generaron condiciones de alta humedad ambiental. Estos factores contribuyeron a explicar las diferencias observadas entre fechas de siembra en variables relacionadas con el rendimiento de grano, la pudrición de mazorca y el daño por diente de perro, evidenciando la influencia de las condiciones climáticas sobre la expresión fenotípica de los híbridos evaluados.

4.2. Análisis combinado de varianza y parámetros genéticos

El análisis combinado de varianza mostró diferencias significativas entre los híbridos evaluados para la mayoría de las variables agronómicas estudiadas, incluyendo rendimiento de grano (GY), floración femenina (FF), altura de planta (ALPT), altura de mazorca (ALMZ), mazorcas por metro cuadrado (MZM2), mazorcas por planta (MXP), peso de mazorca (PMZ), porcentaje de mazorcas podridas (POD), aspecto de mazorca (ASMZ), cobertura de mazorca (COB) y textura de grano (TEX). Asimismo, las fechas de siembra ejercieron un efecto significativo sobre varias de las variables evaluadas, particularmente aquellas relacionadas con el crecimiento vegetativo, la densidad de plantas, el rendimiento y algunos caracteres de calidad y sanidad. Los componentes de varianza, la repetitividad y los coeficientes de variación estimados para cada variable se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Componentes de varianza, repetitividad y coeficiente de variación para las variables evaluadas

F de Variación	GY (tha ¹)	FM (días)	FF (días)	ALPT (cm)	ALMZ (cm)	PTM ²	MZM ²	MXP	PMZ (g)	POD (%)	ACA (%)	ENF	ASPT (1-5)	ASMZ (1-5)	COB (%)	POMZ	DPE	TEX	HUM (%)
S ² Genotipos	2.09	1.60	1.80	132.00	58.80	0.20	0.29	0.00	416.70	0.00	0.00	0.28	0.03	0.07	0.00	0.00	0.00	0.60	1.15
S ² Fechas	3.43	2.38	2.82	512.00	218.00	0.51	0.46	0.00	725.40	0.00	0.00	0.60	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05	3.34
S ² G×F	0.99	0.77	0.86	17.00	6.30	0.51	0.43	0.00	129.30	0.00	0.00	0.07	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.09	0.40
S ² residual	0.75	1.01	1.03	75.00	59.00	0.40	0.27	0.01	192.00	0.00	0.00	0.34	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.38	1.19
g.l.	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Repetitividad	0.94	0.94	0.94	0.97	0.96	0.69	0.83	0.92	0.96	0.58	0.83	0.93	0.87	0.94	0.89	0.92	0.82	0.97	0.93
CV (%)	12.00	2.00	1.90	3.80	7.00	10.70	9.20	9.20	10.90	3.40	5.00	15.60	8.60	9.50	3.20	7.40	4.30	33.00	6.60

Nota. GY = rendimiento de grano; FM = floración masculina; FF = floración femenina; ALPT = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; PTM² = plantas por m²; MZM² = mazorcas por m²; MXP = mazorcas por planta; PMZ = peso de mazorca; POD = porcentaje de mazorcas podridas; ACA = porcentaje de acame; ENF = enfermedades foliares; ASPT = aspecto de planta; ASMZ = aspecto de mazorca; COB = cobertura de mazorca; POMZ = posición de mazorca; DPE = % de diente perro; TEX = textura de grano; HUM = humedad de grano.

Los componentes de varianza indicaron que las fechas de siembra aportaron una proporción importante de la variabilidad observada en variables como altura de planta (ALPT), altura de mazorca (ALMZ) y peso de mazorca (PMZ), mientras que los efectos genotípicos contribuyeron de manera importante a la variación observada en rendimiento de grano y otros caracteres agronómicos. Por su parte, la interacción genotipo $\times$ fecha de siembra contribuyó a la variación observada en varias de las características evaluadas, evidenciando respuestas diferenciales de los híbridos frente a los cambios ambientales.

Los valores de repetitividad fueron elevados para la mayoría de las variables de importancia agronómica. El rendimiento de grano, la floración masculina, la floración femenina, la altura de planta, la altura de mazorca y la textura de grano registraron valores entre 0.94 y 0.97, indicando una alta confiabilidad experimental y una importante contribución genética en la expresión de estas características. En contraste, variables como el porcentaje de mazorcas podridas (0.58) y plantas por metro cuadrado (0.69) mostraron una mayor influencia de factores ambientales y del error experimental.

Los coeficientes de variación fueron bajos para la mayoría de las variables evaluadas. El rendimiento de grano presentó un CV de 12.0 %, mientras que las variables fenológicas registraron valores cercanos al 2.0 %. Por su parte, la altura de planta y la altura de mazorca mostraron coeficientes de variación de 3.8 y 7.0 %, respectivamente, evidenciando una adecuada precisión experimental. El mayor coeficiente de variación se observó para la textura de grano (33.0 %), indicando una mayor variabilidad entre observaciones para esta característica.

En conjunto, los resultados demuestran la existencia de diferencias importantes entre híbridos y entre fechas de siembra, así como la presencia de interacción genotipo $\times$ ambiente para varias variables de interés agronómico. Esto confirma que tanto los factores genéticos como las condiciones ambientales influyeron significativamente sobre el comportamiento agronómico, sanitario y productivo de los híbridos evaluados durante el ensayo.

4.3. Comportamiento agronómico entre fechas de siembra

En primer lugar, el comportamiento entre fechas de siembra refleja una respuesta diferencial del material genético frente a las condiciones ambientales (Tabla 4). En la siembra de septiembre, los híbridos presentaron una floración masculina promedio de 51 días y una floración femenina de 54 días. En octubre se observó un ligero retraso en el desarrollo fenológico, registrándose 53 días para floración masculina y 56 días para floración femenina, lo que indica una prolongación del ciclo bajo esta fecha de siembra.

Tabla 4.*Promedio de variables agronómicas según fecha de siembra*

Variable	Septiembre	Octubre	DMS (0.05)
Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	9.24	3.31	1.36
Floración masculina (días)	51	53	1.20
Floración femenina (días)	54	56	1.40
Altura de planta (cm)	182	208	18
Altura de mazorca (cm)	87	104	11
Plantas por m ²	6.18	4.57	0.82
Mazorcas por m ²	5.99	3.96	0.74
Mazorcas por planta	0.97	0.88	0.09
Peso de mazorcas (gr)	155	83	16
Mazorcas podridas (%)	0.5	5.6	1.80
Plantas acamadas (%)	0.1	1.8	0.72
Enfermedad foliar (1-9)	3.9	4.1	0.44
Aspecto de planta (1-5)	3.0	3.0	0.45
Aspecto de mazorcas (1-5)	2.8	3.5	0.53
Mala cobertura de mazorcas (%)	0.3	1.5	0.41
Posición relativa de la mazorca	0.48	0.50	0.05
Diente de perro (%)	1.6	55.5	8.2
Textura del grano (1-4)	1.5	1.4	1.16
Humedad del grano (%)	21.0	22.7	1.15

Entre las variables morfológicas se observa que la altura de planta (ALPT) fue mayor en la siembra de octubre, con un promedio de 208 cm, en comparación con 182 cm registrados en septiembre. Del mismo modo, la altura de mazorca (ALMZ) aumentó de 87 cm en septiembre a 104 cm en octubre, indicando un mayor crecimiento vegetativo durante la segunda fecha de siembra.

En cuanto a los componentes del rendimiento, la siembra de septiembre presentó mejores resultados, con 6.18 plantas m⁻², 5.99 mazorcas m⁻², 0.97 mazorcas por planta y un peso promedio de mazorca de 155 g. En contraste, la siembra de octubre registró 4.57 plantas m⁻², 3.96 mazorcas m⁻², 0.88 mazorcas

por planta y un peso de mazorca de 83 g, lo que explica la disminución del rendimiento de grano.

Las variables relacionadas con la sanidad también mostraron diferencias entre fechas de siembra. El porcentaje de mazorcas podridas (POD) aumentó de 0.5 % en septiembre a 5.6 % en octubre. Asimismo, el porcentaje de plantas acamadas pasó de 0.1 % a 1.8 %, mientras que la enfermedad foliar presentó un ligero incremento de 3.9 a 4.1 en la escala de evaluación.

Respecto a la calidad de la mazorca, el aspecto de mazorca presentó una calificación promedio de 2.8 en septiembre y 3.5 en octubre, mientras que el porcentaje de mala cobertura de mazorca aumentó de 0.3 % a 1.5 %. En cambio, el aspecto de planta, la posición relativa de la mazorca y la textura del grano no mostraron diferencias apreciables entre fechas de siembra.

En las características del grano, la humedad aumentó de 21.0 % en septiembre a 22.7 % en octubre, lo que indica un menor grado de secado al momento de la cosecha en la segunda fecha de siembra. Asimismo, el porcentaje de diente de perro fue considerablemente mayor en octubre (55.5 %) respecto a septiembre (1.6 %).

El efecto de la fecha de siembra fue evaluado mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 %, la cual permitió determinar si las diferencias observadas entre tratamientos fueron estadísticamente significativas. Los resultados mostraron que la fecha de siembra influyó significativamente sobre la mayoría de las variables agronómicas evaluadas.

El rendimiento de grano presentó diferencias significativas entre fechas de siembra, ya que la diferencia entre las medias (9.24 y 3.31 t ha^{-1}) fue superior a la DMS de 1.36 t ha^{-1} , evidenciando que la siembra de septiembre proporcionó condiciones más favorables para la expresión del potencial productivo de los híbridos.

Las variables de floración masculina y floración femenina también mostraron diferencias significativas, indicando un ligero retraso del ciclo del cultivo en la siembra de octubre. Asimismo, la altura de planta y la altura de mazorca fueron significativamente mayores en octubre, aunque este mayor crecimiento vegetativo no se tradujo en un incremento del rendimiento.

Los componentes del rendimiento, como el número de plantas por metro cuadrado, mazorcas por metro cuadrado, mazorcas por planta y el peso de mazorca, presentaron diferencias significativas entre fechas de siembra, favoreciendo a la siembra de septiembre y explicando el mayor rendimiento obtenido.

Las variables mazorcas podridas, plantas acamadas, enfermedad foliar, aspecto de mazorca, mala cobertura de mazorca, diente de perro y humedad del grano también mostraron diferencias significativas entre fechas de siembra. Por el contrario, el aspecto de planta, la posición relativa de la mazorca y la textura del grano fueron clasificadas como NS (no significativas), indicando que estas características permanecieron estables independientemente de la época de siembra.

4.4. Comportamiento agronómico por híbridos

En la Tabla 5 se presentan las diferencias agronómicas observadas entre los híbridos evaluados, destacándose principalmente aquellas relacionadas con el rendimiento de grano, la fenología y los componentes de rendimiento. El rendimiento promedio del ensayo fue de 4.83 t ha^{-1} . Los mayores rendimientos correspondieron a los híbridos HTK180582 (7.08 t ha^{-1}), HTK180556 (6.32 t ha^{-1}), 30F35 (5.97 t ha^{-1}) y DW1830B (5.84 t ha^{-1}), los cuales superaron el promedio general del ensayo. Estos materiales también presentaron valores favorables para algunos componentes del rendimiento, particularmente peso de mazorca (PMZ) y mazorcas por planta (MXP). Por el contrario, los menores rendimientos se registraron en PACER14013 (3.11 t ha^{-1}), HD40 (3.36 t ha^{-1}) y HR663 (2.66 t ha^{-1}), evidenciando una menor adaptación a las condiciones ambientales del estudi

Tabla 5.*Comportamiento agronómico promedio de los híbridos evaluados*

Híbrido	GY	FF	FM	ALPT	ALMZ	PTM2	MZM2	MXP	PMZ	POD	ACA	ASPT	ASMZ	COB	POMZ	DPE
	tha ⁻¹	días	días	Cm	Cm				g	%	%	1 a 5	1 a 5	%		%
HTK180582	7.08	54	52	236	122	5.70	5.21	0.95	129	3.89	7.62	2.9	2.9	1.5	0.51	28.0
HTK180556	6.32	54	52	230	122	5.92	5.02	0.87	124	4.47	7.51	3.0	2.9	1.2	0.52	29.4
30F35	5.97	54	52	236	115	6.31	5.41	0.92	103	3.32	6.39	2.9	3.1	4.4	0.50	27.3
DW1853A	5.84	53	51	229	112	6.07	5.47	0.96	99	11.22	8.86	2.9	3.4	3.4	0.50	27.6
ADV8480	5.83	53	51	237	120	5.90	5.28	0.94	103	2.59	6.16	3.1	3.2	2.4	0.51	27.6
AZOR	5.55	52	50	216	111	5.13	4.95	0.97	107	2.53	6.77	2.9	3.1	1.7	0.51	27.7
HTK200014	5.40	53	51	223	114	4.89	4.72	0.93	111	6.24	7.00	2.8	3.1	1.3	0.51	33.8
ADV9293	5.14	55	53	221	117	5.62	4.94	0.88	99	2.67	5.85	3.0	3.3	3.4	0.52	27.8
HD50	4.97	53	51	240	120	5.47	4.84	0.89	101	2.80	6.84	3.0	3.0	3.6	0.51	29.1
HVM110427	4.77	53	51	224	115	4.72	4.60	0.93	108	1.47	6.16	2.9	3.1	2.1	0.51	29.6
ADV9789	4.43	55	52	214	109	4.74	4.39	0.87	102	4.03	8.05	3.0	3.2	2.5	0.51	33.0
HR960	4.30	53	51	218	114	5.88	5.39	1.00	75	3.72	8.79	3.0	3.4	2.9	0.51	30.0
P3898	4.18	55	52	223	114	4.98	4.60	0.87	92	11.82	6.01	3.0	3.7	9.4	0.51	36.8
ADV8060	4.09	55	53	241	127	5.39	4.77	0.88	82	5.33	6.98	3.1	3.5	2.5	0.52	31.8
ADV8233	4.05	55	53	230	122	5.47	4.97	0.92	79	3.31	8.03	3.0	3.5	1.8	0.52	32.6
HD40	3.36	55	53	211	104	5.81	4.17	0.67	88	2.91	6.72	3.1	3.6	3.5	0.50	32.6
PACER14013	3.11	57	55	223	110	5.17	4.43	0.80	65	2.32	6.38	3.0	3.7	1.4	0.50	36.7
HR663	2.66	55	53	218	111	5.71	4.15	0.68	68	4.05	7.06	3.0	3.8	13.6	0.51	39.6
Promedio	4.83	54	52	226	115	5.49	4.85	0.89	96	4.37	7.06	3.0	3.3	3.5	0.51	31.2
DMS	1.54	2.67	2.66	15.29	12.33	1.44	1.11	0.13	24.41	4.22	5.46	0.28	0.40	5.83	0.03	13.47
CV	14.02	2.30	2.53	3.88	7.19	13.20	13.19	13.24	12.87	62.75	90.37	8.33	8.83	96.9	6.90	41.62

Nota. GY = rendimiento de grano; FM = floración masculina; FF = floración femenina; ALPT = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; PTM2 = plantas por m²; MZM2 = mazorcas por m²; MXP = mazorcas por planta; PMZ = peso de mazorca; POD = porcentaje de mazorcas podridas; ACA = porcentaje de acame; ASPT = aspecto de planta; ASMZ = aspecto de mazorca; COB = cobertura de mazorca; POMZ = posición de mazorca; DPE = % de diente perro.

En los componentes de rendimiento, HTK180582 presentó el mayor peso de mazorca con 129 g, seguido de HTK180556 con 124 g, mientras que HR960 registró el valor más alto de mazorcas por planta (1.00). Sin embargo, este último híbrido presentó un peso de mazorca relativamente bajo (75 g), lo que limitó su rendimiento final a 4.30 t ha^{-1} . De igual forma, varios híbridos registraron valores elevados de mazorcas por metro cuadrado, destacándose DW1830B (5.47), 30F35 (5.41), HR960 (5.39) y ADV8480 (5.28), lo que refleja una adecuada capacidad para mantener la densidad efectiva de producción.

En cuanto al comportamiento fenológico, AZOR fue el híbrido más precoz, alcanzando la floración femenina y masculina a los 52 y 50 días después de la siembra, respectivamente. Por el contrario, PACER14013 fue el material más tardío, registrando 57 días a floración femenina y 55 días a floración masculina. Estas diferencias reflejan la variabilidad genética existente entre los materiales evaluados para caracteres relacionados con la precocidad.

Respecto a las características morfológicas, ADV8060 presentó la mayor altura de planta (241 cm) y altura de mazorca (127 cm), seguido por HD50 con 240 cm de altura de planta. En contraste, HD40 y ADV9789 mostraron los menores valores de altura de planta. No obstante, la mayor altura vegetativa no estuvo asociada necesariamente con un mayor rendimiento de grano, ya que ADV8060 presentó un rendimiento intermedio de 4.09 t ha^{-1} , lo que indica que otros componentes productivos tuvieron una mayor influencia sobre el rendimiento final.

Las variables relacionadas con sanidad mostraron una mayor variabilidad experimental, reflejada en los elevados coeficientes de variación registrados para porcentaje de mazorcas podridas (POD), porcentaje de acame (ACA) y cobertura de mazorca (COB). A pesar de ello, algunos híbridos presentaron mejor comportamiento sanitario relativo. HVM110427 y ADV8480 registraron los menores porcentajes de mazorcas podridas, mientras que DW1830B y P3898 mostraron los valores más elevados para esta variable. Por otra parte, HR663 y P3898 presentaron los mayores valores en la variable COB, sugiriendo una menor protección de la mazorca y una posible mayor susceptibilidad a factores ambientales o fitosanitarios.

Los coeficientes de variación fueron bajos para las variables fenológicas y morfológicas, particularmente floración femenina, floración masculina y altura de planta, evidenciando una adecuada precisión experimental. Asimismo, los valores de diferencia mínima significativa (DMS) permitieron detectar diferencias entre híbridos para variables de importancia agronómica como rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca y peso de mazorca, confirmando la existencia de variabilidad genética aprovechable para programas de selección y recomendación de híbridos.

4.5. Interacción híbridos x fecha de siembra

El rendimiento de grano de los híbridos evaluados en dos fechas de siembra (septiembre y octubre) evidenció una marcada variación en el comportamiento productivo de los materiales frente a los cambios en la fecha de siembra (Tabla 6). En términos generales, todos los híbridos registraron mayores

rendimientos en la siembra de septiembre que en la realizada en octubre, lo que indica que las condiciones ambientales asociadas a la primera fecha favorecieron una mejor expresión del potencial productivo de los materiales evaluados.

Tabla 6.

Rendimiento de grano (tha^{-1}) por híbrido y fecha de siembra

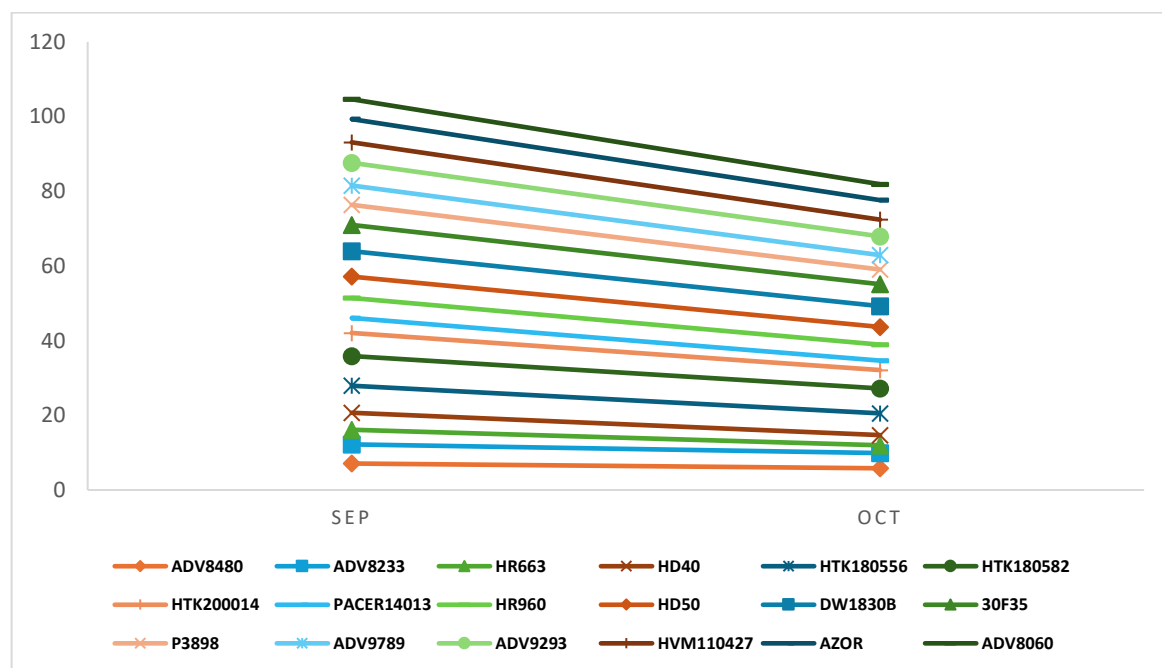
Híbrido	SEP	OCT	Diferencia	Respuesta ambiental
ADV8480	7.10	5.82	1.28	Adaptación favorable
ADV8233	5.12	4.08	1.04	Alta estabilidad
HR663	3.92	2.08	1.84	Alta sensibilidad
HD40	4.55	2.73	1.82	Alta sensibilidad
HTK180556	7.24	5.82	1.42	Buen desempeño
HTK180582	7.95	6.67	1.28	Alto potencial
HTK200014	6.18	4.92	1.26	Buena estabilidad
PACER14013	4.02	2.54	1.48	Sensibilidad moderada
HR960	5.35	4.27	1.08	Estable
HD50	5.72	4.74	0.98	Muy estable
DW1830B	6.82	5.58	1.24	Buena adaptación
30F35	7.02	5.86	1.16	Alto rendimiento estable
P3898	5.38	3.94	1.44	Sensibilidad moderada
ADV9789	5.18	3.86	1.32	Adaptación intermedia
ADV9293	6.08	5.02	1.06	Alta estabilidad
HVM110427	5.48	4.48	1.00	Estable
AZOR	6.22	5.22	1.00	Adaptación favorable
ADV8060	5.32	4.26	1.06	Estable

Los mayores rendimientos fueron obtenidos por los híbridos HTK180582 y HTK180556, con producciones de 7.95 y 7.24 t ha^{-1} en septiembre, respectivamente. Estos materiales también mantuvieron rendimientos relativamente altos en octubre, alcanzando 6.67 y 5.82 t ha^{-1} , lo que evidencia una buena capacidad productiva bajo ambas condiciones de evaluación. De igual manera, ADV8480 y 30F35 mostraron un desempeño sobresaliente, con rendimientos superiores a 7.0 t ha^{-1} en septiembre y valores superiores a 5.8 t

ha⁻¹ en octubre, ubicándose entre los híbridos más productivos del estudio (Figura 19).

Figura 19.

Rendimiento de híbridos de maíz evaluados bajo dos fechas de siembra en El Ejido, Los Santos, 2024



El análisis de las diferencias de rendimiento entre fechas de siembra permitió identificar distintos niveles de respuesta ambiental entre los híbridos evaluados. Las menores reducciones de rendimiento se observaron en HD50 (0.98 t ha⁻¹), HVM110427 (1.00 t ha⁻¹), AZOR (1.00 t ha⁻¹), ADV9293 (1.06 t ha⁻¹), ADV8060 (1.06 t ha⁻¹) y HR960 (1.08 t ha⁻¹), indicando una menor variación productiva entre ambientes. Este comportamiento resulta particularmente importante en sistemas de producción bajo condiciones de secano, donde la consistencia del rendimiento representa una característica deseable frente a la variabilidad climática.

Por el contrario, HR663 y HD40 presentaron las mayores reducciones de rendimiento entre fechas de siembra, con diferencias de 1.84 y 1.82 t ha⁻¹, respectivamente. Asimismo, PACER14013, P3898 y HTK180556 registraron disminuciones superiores a 1.40 t ha⁻¹. Estos resultados sugieren una mayor dependencia de condiciones ambientales favorables para expresar plenamente su potencial de rendimiento.

Los resultados permitieron diferenciar materiales con elevado potencial productivo y materiales con menor variación de rendimiento entre ambientes. Dentro del primer grupo destacaron HTK180582, HTK180556, ADV8480 y 30F35, los cuales registraron los mayores rendimientos en ambas fechas de siembra. En el segundo grupo sobresalieron HD50, AZOR, ADV9293, ADV8060, HVM110427 y HR960, caracterizados por presentar las menores reducciones de rendimiento entre ambientes. Esta diferenciación posee relevancia práctica para los programas de recomendación de híbridos, ya que permite seleccionar materiales en función de los objetivos de producción y del nivel de riesgo climático asociado a cada sistema agrícola.

4.6. Variables que mantuvieron mayor interacción por híbrido y fecha de siembra

De las variables que presentaron una mayor interacción entre híbridos y fechas de siembra, el porcentaje de mazorcas con diente de perro (DPE) fue una de las más afectadas por las condiciones ambientales. En la siembra de septiembre, los valores oscilaron entre 2.1 y 17.2 %, destacándose HD50 (17.2

%), HR663 (14.2 %) y PACER14013 (12.1 %) como los materiales con mayor incidencia de esta condición (Tabla 7).

Tabla 7.

Comportamiento de variables con mayor interacción por híbrido y fecha de siembra

TRT	SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
	ALPT	PTM ²	DPE	POD	ALT	PTM ²	DPE	POD
1 ADV8480	262	6.50	4.6	1.9	221	5.30	39.1	2.1
2 ADV8233	258	6.32	6.6	0.7	205	4.62	62.6	5.5
3 HR663	222	6.28	14.2	2.3	211	5.13	89.1	6.0
4 HD40	225	6.24	17.2	3.4	184	5.38	50.8	1.6
5 HTK180556	247	6.58	2.1	2.8	212	5.26	51.6	6.1
6 HTK180582	260	6.20	3.6	3.6	221	5.21	44.1	4.5
7 HTK200014	237	6.20	3.7	3.6	207	3.59	74.5	9.7
8 PACER14013	247	6.84	12.1	2.2	200	3.50	78.8	1.9
9 HR960	232	6.41	6.9	2.1	203	5.34	49.8	5.1
10 HD50	250	6.20	4.6	1.6	231	4.74	46.3	2.8
11 DW1830B	253	6.50	5.8	12.6	207	5.64	38.5	12.8
12 30F35	260	6.97	3.2	2.6	218	5.64	40.0	3.8
13 P3898	237	6.07	8.7	9.5	207	3.89	81.3	17.2
14 ADV9789	235	6.02	6.9	1.7	186	3.46	62.6	5.8
15 ADV9293	235	6.24	5.2	2.9	202	5.00	40.3	1.8
16 HVM110427	252	6.92	6.6	0.7	200	2.52	48.9	1.1
17 AZOR	222	6.37	4.3	1.3	202	3.89	41.1	3.1
18 ADV8060	260	6.54	7.5	1.5	230	4.23	58.6	9.4

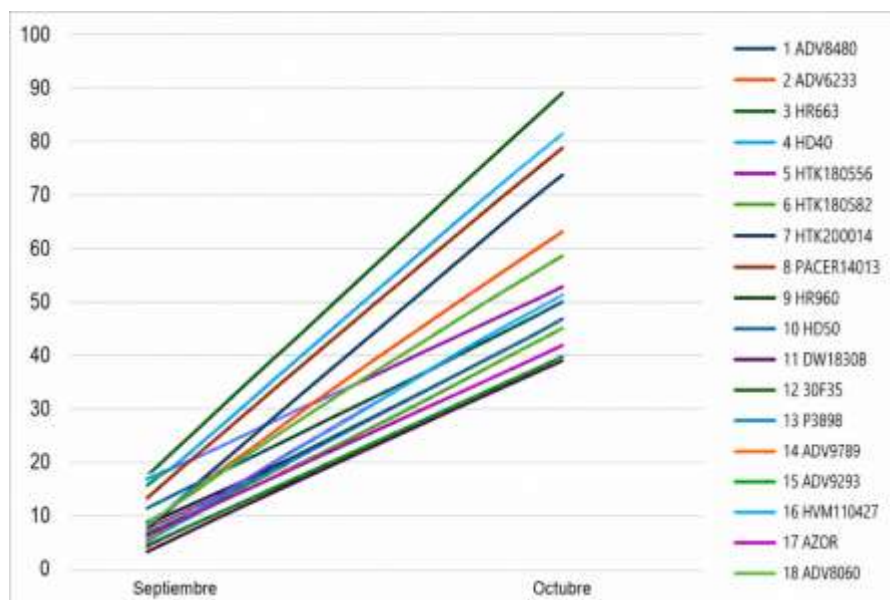
Nota. ALPT = Altura de planta; PTM2 = Plantas/m², POD = % mazorcas podridas; DPE= % mazorca con diente de perro.

Sin embargo, en la siembra de octubre se observó un incremento generalizado de los niveles de daño en todos los híbridos evaluados (Figura 20). Los valores más altos se registraron en HR663 (89.1 %), P3898 (81.3 %), PACER14013 (78.8 %), HTK200014 (74.5 %) y ADV8233 (62.6 %). Incluso aquellos híbridos que mostraron bajos niveles de afectación en septiembre presentaron incrementos importantes durante la segunda fecha de siembra. Estos

resultados evidencian una fuerte influencia de las condiciones ambientales sobre la expresión de esta variable, convirtiéndola en una de las características con mayor respuesta a la interacción híbrido × ambiente.

Figura 20.

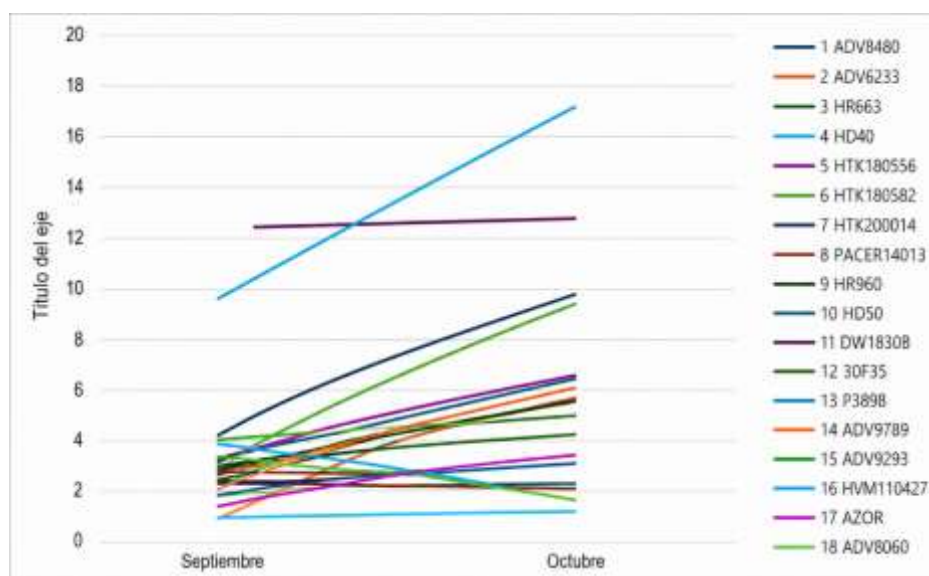
% de mazorca con diente de perro en híbridos por fecha de siembra



De manera similar, el porcentaje de mazorcas podridas (POD) presentó una tendencia general al incremento durante la segunda fecha de siembra (Figura 21). En septiembre, los mayores valores fueron observados en DW1853A (12.6 %) y P3898 (9.5 %), mientras que varios híbridos registraron porcentajes inferiores al 2.0 %. En octubre, los niveles de pudrición aumentaron notablemente en algunos materiales, destacándose P3898 (17.2 %), DW1830B (12.8 %), HTK200014 (9.7 %) y ADV8060 (9.4 %). Por el contrario, HVM110427 (1.1 %), HD50 (1.6 %) y ADV9293 (1.8 %) mantuvieron los menores niveles de afectación, reflejando una mejor respuesta sanitaria bajo las condiciones de evaluación.

Figura 21.

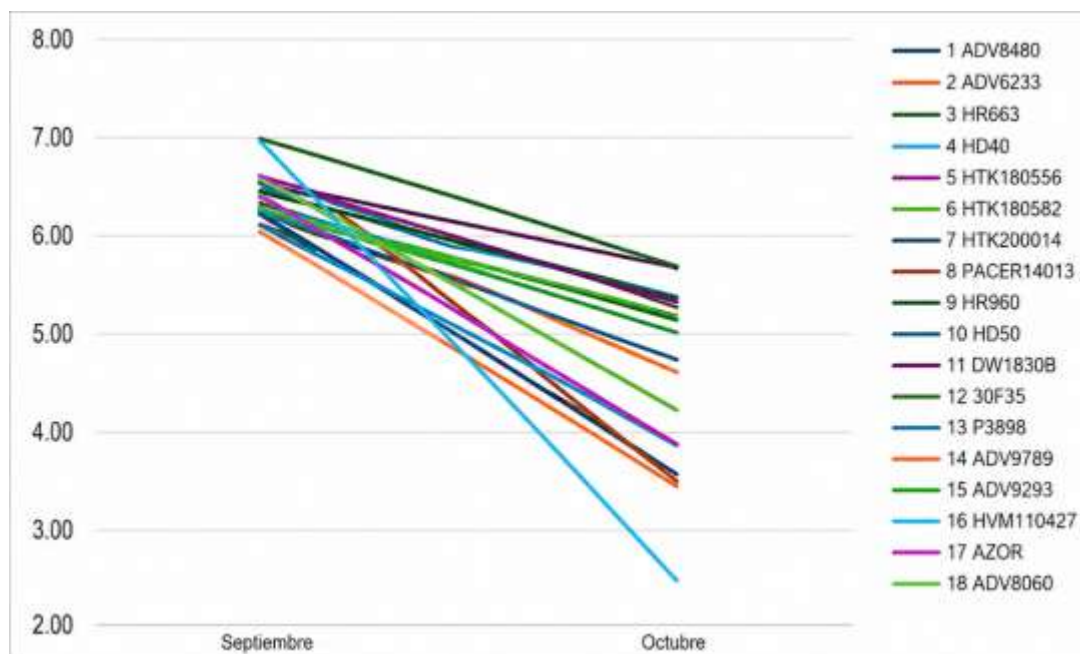
Porcentaje de mazorcas podridas en híbridos por fecha de siembra



Otra variable que mostró una marcada interacción fue el número de plantas por metro cuadrado (PTM2). Los mayores valores se registraron en septiembre para los híbridos 30F35 (6.97 plantas m^{-2}), HVM110427 (6.92 plantas m^{-2}) y PACER14013 (6.84 plantas m^{-2}). No obstante, en octubre estos materiales experimentaron reducciones importantes, particularmente HVM110427, que disminuyó de 6.92 a 2.52 plantas m^{-2} , y PACER14013, que pasó de 6.84 a 3.50 plantas m^{-2} . De igual manera, ADV9789 redujo su población de 6.02 a 3.46 plantas m^{-2} (Figura 22). Estos resultados sugieren que las condiciones ambientales de la segunda fecha de siembra afectaron negativamente el establecimiento y la supervivencia de las plantas.

Figura 22.

Plantas por metro cuadrado (PTM2) en híbridos por fechas de siembra



En términos generales, la segunda fecha de siembra estuvo asociada con una reducción de la altura de planta (ALPT), una disminución de la población efectiva de plantas (PTM2) y un incremento considerable de los daños sanitarios en mazorca, reflejados en los valores de diente de perro (DPE) y porcentaje de mazorcas podridas (POD). Estas variaciones fueron consistentes con la interacción significativa observada entre híbridos y fechas de siembra para dichas variables, evidenciando que la respuesta de los materiales estuvo estrechamente influenciada por las condiciones ambientales predominantes en cada época de siembra. Los resultados confirman la existencia de diferencias en la adaptación de los híbridos, tanto en caracteres agronómicos como sanitarios, frente a los cambios ambientales ocurridos durante el período de evaluación.

V. CONCLUSIONES

- La fecha de siembra ejerció un efecto determinante sobre el comportamiento agronómico, fenológico y productivo de los híbridos de maíz evaluados en El Ejido, Los Santos, evidenciándose diferencias significativas entre ambientes para la mayoría de las variables estudiadas, especialmente en rendimiento de grano, floración, altura de planta y variables sanitarias.
- La siembra establecida en septiembre presentó condiciones agroclimáticas más favorables para el desarrollo del cultivo, permitiendo una mejor expresión del potencial productivo de los híbridos; mientras que la siembra de octubre estuvo expuesta a condiciones ambientales más restrictivas, asociadas a menor disponibilidad hídrica inicial y exceso de humedad durante la etapa reproductiva, lo que afectó negativamente el rendimiento y la calidad agronómica del cultivo;
- Los altos valores de heredabilidad obtenidos para rendimiento de grano, floración y variables morfológicas evidenciaron una importante contribución genética en la expresión fenotípica de los híbridos, además de una adecuada precisión experimental y confiabilidad estadística de los resultados obtenidos.
- Los híbridos HTK180582, HTK180556, ADV8480 y 30F35 presentaron el mejor comportamiento productivo bajo las condiciones evaluadas, destacándose por su mayor rendimiento de grano y adecuado desempeño agronómico entre fechas de siembra.

- Los híbridos AZOR, ADV9293, HD50, HVM110427, HR960 y ADV8233 mostraron menor sensibilidad ambiental, reflejada en reducidas variaciones de rendimiento entre fechas de siembra, lo que evidencia mayor estabilidad agronómica y mejor adaptación a condiciones variables de producción.

VI. RECOMENDACIONES

- En base en los resultados obtenidos, se recomienda a los productores de maíz de la región de Azuero priorizar las siembras tempranas, preferiblemente durante el mes de septiembre, debido a que esta fecha presentó mejores condiciones de humedad para el establecimiento y desarrollo del cultivo, permitiendo mayores rendimientos, mejor crecimiento vegetativo y menores afectaciones agronómicas y sanitarias.
- Se recomienda a los ingenieros agrónomos y técnicos responsables de programas de producción y validación tecnológica promoviendo la utilización de híbridos que demostraron alto rendimiento y adecuada adaptación ambiental, especialmente HTK180582, HTK180556, ADV8480, 30F35 y AZOR, debido a que estos materiales combinaron buen potencial productivo con estabilidad agronómica bajo condiciones de variabilidad climática. La selección adecuada del híbrido debe considerarse una estrategia prioritaria de manejo para reducir pérdidas y mejorar la rentabilidad del cultivo.
- Fortalecer los programas de investigación y evaluación multiambiental en maíz, incorporando variables relacionadas con estrés hídrico, eficiencia en uso de agua, estabilidad fenotípica y comportamiento sanitario, con el propósito de generar recomendaciones más precisas para las distintas zonas agroecológicas del país. Se recomienda continuar evaluando nuevas alternativas genéticas provenientes de

programas regionales e internacionales de mejoramiento, debido a que la variabilidad climática observada en Panamá exige materiales con mayor adaptación y resiliencia.

- Aunque muchos productores continúan utilizando métodos tradicionales de selección de semilla y fechas empíricas de siembra basadas en experiencia local. Continuar exclusivamente con prácticas tradicionales representa un desaprovechamiento del potencial productivo que ofrecen los híbridos modernos y las herramientas actuales de manejo agronómico. Por ello, se recomienda integrar progresivamente criterios técnicos de selección varietal, monitoreo climático y planificación de siembra dentro de los sistemas productivos de maíz en la región.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) (2010). *Atlas Ambiental de la República de Panamá*. <https://bdigital.binal.ac.pa/bdp/AtlasAmbiental%202010.pdf>
- Baffour, F., Tabi, J., Sangber, A., Etu-Mantey, E. & Asamoah, D. (2023) Effect of rainfall and temperature variability on maize yield in the Asante Akim North District, Ghana. *Current Research in Environmental Sustainability*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2023.100222>
- Baum, M., Licht, M., Huber, I. & Archontoulis, S. (2020). Impacts of climate change on the optimum planting date of different maize cultivars in the central US Corn Belt. *European Journal of Agronomy*, 119(1),1-11. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126101>.
- Blanco, F. (1883). *Flora de Filipinas*. Biblioteca Digital del Real Jardín Botánico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). <https://n9.cl/vn7ci2>
- Bonilla, M. (2024). *Evaluación de productividad del cultivo de maíz forrajero (Zea mays) bajo dos métodos de riego, Colonche provincia de Santa Elena* (Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador). <https://n9.cl/fdfn3>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (2023). *Global maize breeding and climate-resilient agriculture programs*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://n9.cl/us77o>
- Chen, Y., Marek, G., Marek, T., Gowda, P., Xue, Q., Moorhead, J., Brauer, D., Srinivasan, R., & Heflin, K. (2019). Multisite evaluation of an improved SWAT irrigation scheduling algorithm for corn (*Zea mays* L.) production in

- the U.S. Southern Great Plains. *Environmental Modelling & Software*, 118, 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.04.001>
- Cruz, A., Arteaga, R., Sánchez, I., Soria, J., Monterroso, A. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(1).<https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327>
- Estrada, F., Mendoza, A., Calderón, O., & Botzen, W. (2022). Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture. *Regional Environmental Change*, 22(4), 126. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-022-01986-0>
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2023). *Maize*. FAO. <https://surl.li/nmpwdm>
- Google. (2026, marzo). [Imagen satelital de la parcela experimental del IDIAP Los Santos, Panamá]. Google Earth. <https://earth.google.com/>
- Gordón, R. (2014). *Los granos básicos y la Variabilidad climática en Azuero: Caso maíz*. Resúmenes de Primer Congreso Científico CRULS, Universidad de Panamá, Las Tablas, Panamá. <https://www.researchgate.net/publication/269393186>
- Gordón, R. (2020). *Variabilidad climática y su efecto sobre la producción de maíz Panamá*: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 48 p. <https://n9.cl/b2xl8>
- Gordón, R. (2021). *Manual técnico: El maíz en Panamá: características, requerimientos y recomendaciones para su producción en ambientes con*

alta variabilidad climática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
108 p. <https://surl.li/xoecay>

Gordón, R., Camargo, I., Franco, J. & González, A. (2004). Impacto de la precipitación pluvial en el rendimiento de grano de maíz en la región de Azuero, Panamá, 1995-2003: Análisis del rendimiento y su relación con la época de siembra. *Ciencia Agropecuaria*. <https://n9.cl/jmmcs>

Gordón, R., Núñez, J., Franco, J., Sáez, A. & Jaén, J. (2017). Relación entre rendimiento de grano de maíz y el Índice Normalizado de Precipitación en Azuero. *Ciencia Agropecuaria* 26:69 83.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9474785>

Gordón, R., Sáez, A., Franco, J., Ramos, F., & Núñez, J. (2025). Efecto del déficit hídrico en distintas etapas del cultivo de maíz, El Ejido, Los Santos, 2020-2023. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 8(1), 11-24.
<https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8760>

Harkness, C., Semenov, M., Areal, F., Senapati, N., Trnka, M., Balek, J. & Bishop, J. (2020). Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 282-283(1):1-13.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107862>.

Indexmundi. (2024a). *Consumo doméstico de Maíz de Panamá*.
<https://n9.cl/6kqhw8>

Indexmundi. (2024b). *Importaciones de Maíz de Panamá*. <https://n9.cl/1k2mq>

- Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA) (2024-2025). *Datos diarios por mes (septiembre 2024 a enero 2025) en la Estación Meteorológica de Las Tablas*. <https://n9.cl/69kr9j>
- Instituto de Meteorología e Hicrología de Panamá (IMHPA) (2021). *Clasificación climática según W. Köppen*. <https://www.imhpa.gob.pa/es/clasificacion-climatica>.
- Leng, G. (2019). Uncertainty in assessing temperature impact on U.S. maize yield under global warming: the role of compounding precipitation effect. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(12), 6238-6246. <https://doi.org/10.1029/2018JD029996>.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) (2025). *Cierre Agrícola 2024-2025*. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2025/07/CIERRE-AGRICOLA-2024-2025-1.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2023). *Cierre agrícola. Año agrícola 2022-2023*. <https://n9.cl/ig0rfx>
- Noein, B. & Soleymani, A. (2022). Corn (*Zea mays* L.) physiology and yield affected by plant growth regulators under drought stress. *Journal of Plant Growth Regulation*. 41(2):672-681. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10332-3>.
- Ochieng, J., Kirimi, L. & Mathenge, M. (2016). Effects of climate variability and change on agricultural production: the case of small-scale farmers in Kenya. *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences*. 77:71-78. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.005>

- Ponce, M., López, F., Chura, J., Hernández, E., Hernández, G., & Aragón, A. (2022). Interacción Genotipo-Ambiente Del Rendimiento En híbridos De maíz Amarillo Mediante AMMI Y SREG. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 13 (7). <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3070>.
- Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA) (2023). *Informe técnico regional*.
- Richardson, K., Lewis, K., Krishnamurthy, P., Kent, C., Wiltshire, A. & Hanlon, H. (2018). Food security outcomes under a changing climate: impacts of mitigation and adaptation on vulnerability to food insecurity. *Climatic Change*, 147(1-2), 327-341. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2137-y>
- Sánchez, I. (2014). Biología del maíz. *Reduca Serie Botánica*, 7 (2), 151-17. <https://n9.cl/h4a1w>
- Tanumihardjo, S., McCulley, L., Roh, R., López, S., Palacios, N., & Gunaratna, N. (2020). Maize agro-food systems to ensure food and nutrition security in reference to the Sustainable Development Goals. *Global Food Security*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100327>
- Tarazona, N., Chavarría, J., & Moreira, J. (2022). El cultivo de maíz y sus necesidades hídricas en Manabí, Ecuador. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*. ISSN: 2600-5883., 5(9), 1-11. <https://n9.cl/h4a1w>
- Ureta, C., González, E., Espinosa, A., Trueba, A., Piñeyro, A. & Álvarez, E. (2020). Maize yield in Mexico under climate change. *Agricultural Systems*, 177(1),1-11. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102697>.

- Vilca, B. (2025). *Octavo ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (Zea mays) Canaán a 2735 msnm-Ayacucho* (Tesis de grado, Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga). <https://n9.cl/9jp37>
- Wu, W., Yue, W., Bi, J., Zhang, L., Xu, D., Peng, C., Chen, X. & Wang, S. (2024). Influence of climatic variables on maize grain yield and its components by adjusting the sowing date. *Front. Plant Sci.*, 15. <https://n9.cl/o14z3m>
- Ye, Q., Lin, X., Adey, E., Min, D., Assefa, M., Brien, D. & Ciampitti, I. (2017). Evaluation of climatic variables as yield-limiting factors for maize in Kansas. *International Journal of Climatology*, 37(1), 464-475. <https://doi.org/10.1002/joc.5015>.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

Comportamiento agronómico por variable en el mes de septiembre

Septiembre	FM	FF	ALPT	ALMZ	PTM ²	MZM ²	MXP	PMZ	POD	ACA	ENF	ASPT	ASMZ	COB	POMZ	DPE	TEX	HUM
1 ADV8480	48	50	262	140	6.50	6.49	1.00	118	1.9	1.9	4.3	3.4	3.0	3.2	0.55	4.6	2.7	14.7
2 ADV8233	50	52	258	142	6.32	5.77	0.91	95	0.7	16.3	3.7	3.1	3.2	1.2	0.55	6.6	2.4	14.1
3 HR663	53	55	222	116	6.28	3.93	0.63	78	2.3	12.5	4.3	3.1	3.8	24.4	0.52	14.2	1.7	14.7
4 HD40	52	54	225	105	6.24	3.76	0.6	102	3.4	10.7	4.7	3.3	3.6	3.5	0.46	17.2	1.7	14.0
5 HTK180556	51	53	247	146	6.58	6.11	0.93	133	2.8	16.9	4.3	3.1	2.7	0.7	0.59	2.1	1.7	15.7
6 HTK180582	52	54	260	138	6.20	5.94	0.96	146	3.6	15.8	4.0	3.1	2.8	1.8	0.54	3.6	1.0	15.0
7 HTK200014	49	51	237	122	6.20	5.77	0.93	136	3.6	12.3	3.3	2.6	2.7	-0.1	0.51	3.7	2.8	15.7
8 PACER14013	54	56	247	116	6.84	5.73	0.85	83	2.2	7.3	3.0	2.7	3.5	1.4	0.48	12.1	2.3	15.5
9 HR960	49	51	232	126	6.41	6.24	0.97	88	2.1	26.9	5.3	2.9	3.4	5.4	0.55	6.9	1.0	13.3
10 HD50	48	50	250	130	6.20	5.68	0.92	107	1.6	8.3	5.0	3.0	2.8	6.5	0.51	4.6	3.6	13.4
11 DW1830B	48	50	253	128	6.50	6.45	0.99	113	12.6	32.1	4.3	2.6	3.2	6.5	0.51	5.8	4	13.7
12 30F35	50	52	260	127	6.97	6.41	0.92	111	2.6	5.2	4.3	2.7	2.8	7.3	0.49	3.2	3.4	12.3
13 P3898	52	54	237	121	6.07	5.86	0.97	98	9.5	3.5	4.0	2.9	3.6	18.1	0.51	8.7	2.7	15.5
14 ADV9789	52	54	235	115	6.02	5.04	0.85	123	1.7	22.4	4.3	2.8	2.9	4.5	0.49	6.9	1.3	16.6
15 ADV9293	53	55	235	129	6.24	5.81	0.93	123	2.9	2.0	3.7	2.8	3.0	5.9	0.54	5.2	1.0	16.8
16 HVM110427	48	50	252	135	6.92	6.41	0.93	107	0.7	5.0	4.3	2.7	2.9	3.1	0.54	6.6	2.3	15.7
17 AZOR	49	51	222	112	6.37	6.11	0.96	122	1.3	10.0	4.0	2.6	3.1	1.9	0.51	4.3	2.6	16.4
18 ADV8060	52	54	260	139	6.54	5.69	0.87	100	1.5	12.4	3.7	3.4	3.2	3.5	0.53	7.5	1.6	15.7

Nota. GY = rendimiento de grano; FM = floración masculina; FF = floración femenina; ALPT = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; PTM² = plantas por m²; MZM² = mazorcas por m²; MXP = mazorcas por planta; PMZ = peso de mazorca; POD = porcentaje de mazorcas podridas; ACA = porcentaje de acame; ENF = enfermedades foliares; ASPT = aspecto de planta; ASMZ = aspecto de mazorca; COB = cobertura de mazorca; POMZ = posición de mazorca; DPE = % de diente perro; TEX = textura de grano; HUM = humedad de gra

ANEXO 2

Comportamiento agronómico por variable en el mes de octubre

Octubre	FM	FF	ALPT	ALMZ	PTM ²	MZM ²	MXP	PMZ	POD	ACA	ENF	ASPT	ASMZ	COB	POMZ	DPE	TEX	HUM
1 ADV8480	52	55	221	108	5.30	4.74	0.91	91	2.1	2.8	4.0	3.2	3.3	0.8	0.49	39.1	1.0	20
2 ADV8233	57	60	205	105	4.62	4.36	0.95	59	5.5	7.7	4.0	3.1	3.8	1.1	0.53	62.6	2.3	19.1
3 HR663	53	56	211	103	5.13	3.29	0.64	47	6.0	2.2	4.0	3.0	4.0	9.8	0.48	89.1	1.0	21.4
4 HD40	55	58	184	89	5.38	3.55	0.65	70	1.6	0.0	4.0	3.3	3.7	3.7	0.49	50.8	1.7	22.7
5 HTK180556	51	54	212	105	5.26	4.19	0.81	123	6.1	1.3	4.0	3.0	3.0	0.0	0.49	51.6	1.0	27.1
6 HTK180582	51	53	221	115	5.21	5.04	0.98	124	4.5	4.3	4.0	2.7	2.9	0.0	0.51	44.1	1.0	20.8
7 HTK200014	52	54	207	105	3.59	3.46	0.96	90	9.7	1.0	4.0	2.5	3.5	1.0	0.51	74.5	1.0	30.4
8 PACER14013	58	61	200	97	3.50	2.48	0.71	36	1.9	-0.4	4.0	3.3	4.0	0.0	0.49	78.8	1.0	23.9
9 HR960	53	55	203	101	5.34	5.38	1.08	55	5.1	4.1	5.0	3.2	3.4	0.0	0.50	49.8	1.0	20.1
10 HD50	52	55	231	112	4.74	3.98	0.87	97	2.8	2.4	5.0	2.9	3.0	1.0	0.49	46.3	1.3	18.2
11 DW1830B	52	54	207	95	5.64	5.43	0.96	88	12.8	1.1	4.0	3.0	3.8	0.0	0.45	38.5	3.0	23.4
12 30F35	53	56	218	103	5.64	5.26	0.93	98	3.8	2.6	4.0	3.0	3.2	2.0	0.47	40.0	2.3	20.5
13 P3898	53	56	207	102	3.89	2.95	0.77	84	17.2	-0.4	4.3	3.3	3.8	4.6	0.49	81.3	1.0	25.7
14 ADV9789	53	55	186	95	3.46	3.03	0.89	83	5.8	1.4	4.0	3.2	3.6	0.0	0.51	62.6	1.0	24.1
15 ADV9293	53	56	202	105	5.00	4.19	0.83	74	1.8	0.7	4.0	3.0	3.5	1.0	0.52	40.3	1.0	25.4
16 HVM110427	52	54	200	96	2.52	2.39	0.95	114	1.1	0.2	4.0	3.0	3.2	0.0	0.49	48.9	1.0	20.4
17 AZOR	51	52	202	103	3.89	3.93	1.01	96	3.1	0.3	4.3	2.9	3.0	0.0	0.51	41.1	1.3	24.1
18 ADV8060	55	58	230	130	4.23	3.72	0.88	60	9.4	1.5	4.0	3.0	3.9	1.3	0.57	58.6	2.0	21.7

Nota. GY = rendimiento de grano; FM = floración masculina; FF = floración femenina; ALPT = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; PTM² = plantas por m²; MZM² = mazorcas por m²; MXP = mazorcas por planta; PMZ = peso de mazorca; POD = porcentaje de mazorcas podridas; ACA = porcentaje de acame; ENF = enfermedades foliares; ASPT = aspecto de planta; ASMZ = aspecto de mazorca; COB = cobertura de mazorca; POMZ = posición de mazorca; DPE = % de diente perro; TEX = textura de grano; HUM = humedad de grano

ANEXO 3

Precipitación recopilada diariamente durante los meses de experimentación

Septiembre 2024		Octubre 2024		Noviembre 2024		Diciembre 2024		Enero 2025	
Día	Prec (mm)	Día	Prec (mm)	Día	Prec (mm)	Día	Prec (mm)	Día	Prec (mm)
1	0	1	3.0	1	62.0	1	5.0	1	1.0
2	0	2	6.0	2	55.0	2	7.0	2	0.0
3	1	3	0.0	3	24.0	3	0.0	3	0.0
4	10	4	4.0	4	53.0	4	0.0	4	0.0
5	0	5	5.0	5	34.0	5	1.0	5	0.0
6	1	6	16.0	6	0.0	6	0.0	6	0.0
7	0	7	24.0	7	0.0	7	0.0	7	0.0
8	0	8	56.0	8	82.0	8	0.0	8	0.0
9	1	9	2.0	9	18.0	9	0.0	9	0.0
10	0	10	0.0	10	71.0	10	0.0	10	0.0
11	0	11	1.0	11	3.0	11	0.0	11	0.0
12	4	12	0.0	12	10.0	12	0.0	12	0.0
13	0	13	0.0	13	86.0	13	0.0	13	0.0
14	0	14	17.0	14	15.0	14	0.0	14	0.0
15	3	15	9.0	15	1.0	15	0.0	15	0.0
16	65	16	52.0	16	9.0	16	0.0	16	0.0
17	4	17	10.0	17	11.0	17	0.0	17	1.0
18	0	18	0.0	18	2.0	18	0.0	18	0.0
19	13	19	9.0	19	0.0	19	0.0	19	0.0
20	9	20	29.0	20	7.0	20	0.0	20	0.0
21	20	21	2.0	21	0.0	21	3.0	21	0.0
22	0	22	0.0	22	7.0	22	0.0	22	0.0
23	0	23	0.0	23	2.0	23	0.0	23	0.0
24	19	24	0.0	24	1.0	24	0.0	24	0.0
25	16	25	0.0	25	0.0	25	0.0	25	0.0
26	1	26	22.0	26	4.0	26	0.0	26	0.0
27	6	27	32.0	27	0.0	27	0.0	27	0.0
28	1	28	0.0	28	0.0	28	0.0	28	0.0
29	29	29	2.0	29	0.0	29	81.0	29	0.0
30	64	30	37.0	30	4.0	30	3.0	30	0.0
		31	38.0			31	0.0	31	0.0

Nota. Prec (mm)= Precipitación en milímetros