

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ MEJORADO DE LA EMPRESA “EL CAUDILLO” BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL CON RIEGOS DE AUXILIO

EVALUATION OF IMPROVED MAIZE VARIETIES FROM THE COMPANY “EL CAUDILLO” UNDER RAINFED CONDITIONS WITH SUPPLEMENTAL IRRIGATION

Leana-Acevedo J. L.¹, Vidal-Mejía A.E.², López-Calderón J.C.^{3*}, Romero-Moranchel. M.¹, Castro-Bravo. C.¹

¹Programa educativo de Agricultura Sustentable y Protegida de la Universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros.

²Programa educativo de Paramédico, de la Universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros.

³Programa educativo de Agrobiotecnología de la Universidad tecnológica de Izúcar de Matamoros.
Prolongación Reforma 168 Barrio de Santiago Mihuacán C.P. 74420 Izúcar de Matamoros Puebla.
Teléfono: (+52) 243 43 6 38 96.

*Autor de correspondencia: utimlopez@hotmail.com

Recibido: 26/marzo/2024

Aceptado: 10/diciembre/2024

RESUMEN

México, como centro de origen del maíz (*Zea mays* L.), destaca por la importancia social, cultural y económica de este cultivo. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de cinco variedades mejoradas de maíz y una variedad testigo de la empresa "El Caudillo", bajo condiciones de temporal con riego de auxilio. Las semillas se sembraron en un terreno de cuatro surcos, donde se registraron diversas variables agronómicas, incluyendo la altura de la planta, el número de hileras y granos por mazorca, el diámetro ecuatorial y polar, el peso de la mazorca, el peso del olote y el rendimiento. Los resultados mostraron que Zapata 12 y Zapata 2A lograron rendimientos superiores, destacándose Zapata 12 con un rendimiento de 4.729 t/ha, mientras que la variedad testigo alcanzó 3.240 t/ha. Aunque todas las variedades fueron similares en el número de hileras y granos por mazorca, Zapata 12 sobresalió en peso de mazorca y en otras características

morfológicas, lo que sugiere su potencial para maximizar el rendimiento bajo las condiciones evaluadas. Este estudio subraya la relevancia de un manejo agronómico adecuado, incluyendo la fertilización y el riego, para optimizar la producción de maíz en la región de Izúcar de Matamoros, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola.

Palabras clave: Rendimiento de maíz, Manejo agronómico, Variedades mejoradas, Prácticas de riego.

ABSTRACT

Mexico, as the center of origin for maize (*Zea mays* L.), is notable for the social, cultural, and economic importance of this crop. This study aimed to evaluate the performance of five improved maize varieties and one control variety from the company "El Caudillo," under rainfed conditions with supplemental irrigation. The seeds were sown in a four-row plot, where various agronomic variables were recorded, including plant height, number of rows and grains per ear, equatorial and polar diameter, ear weight, cob weight, and grain yield. The results indicated that Zapata 12 and Zapata 2A achieved superior yields, with Zapata 12 standing out at 4.729 t/ha, while the control variety reached 3.240 t/ha. Although all varieties were similar in terms of the number of rows and grains per ear, Zapata 12 excelled in ear weight and other morphological characteristics, suggesting its potential to maximize yield under the evaluated conditions. This study underscores the relevance of adequate agronomic management, including fertilization and irrigation, to optimize maize production in the Izúcar de Matamoros region, thereby contributing to food security and agricultural sustainability.

Key words: Maize Yield, Agronomic Management, Improved Varieties, Irrigation Practices.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de vital importancia para la soberanía alimentaria y la economía de México. No solo es considerado un alimento básico para la población, sino que también es un componente esencial en diversas industrias, incluyendo la alimentación animal y la producción de biocombustibles (FAO, 2017; INEGI, 2020). Como centro de origen del maíz, México alberga una diversidad genética invaluable que ha sido fundamental en el desarrollo de variedades mejoradas con características adaptativas y productivas superiores (Arteaga *et al.*, 2015). La adaptación y

mejora de estas variedades son cruciales, especialmente en un entorno donde el cambio climático y las variaciones en la disponibilidad de recursos hídricos representan desafíos significativos para la producción agrícola.

La introducción de variedades mejoradas ha permitido a los agricultores aumentar la eficiencia en la producción y el rendimiento, especialmente en un contexto donde las condiciones climáticas están cambiando y la presión por la seguridad alimentaria se intensifica (Boyer *et al.*, 2021). Sin embargo, el éxito de estas variedades no solo depende de sus características genéticas, sino también de un manejo agronómico adecuado. Prácticas como la fertilización, el riego y la densidad de siembra son determinantes en la maximización del rendimiento de maíz (Zhao *et al.*, 2020).

A pesar de los avances en el desarrollo de variedades mejoradas, aún existen brechas en el conocimiento sobre su comportamiento en diferentes condiciones de cultivo. Por ello, es crucial realizar estudios que evalúen el rendimiento y las características agronómicas de estas variedades en contextos específicos. Este estudio se centra en la evaluación de cinco variedades mejoradas de maíz de la empresa "El Caudillo", así como de una variedad testigo, bajo condiciones de temporal con riego de auxilio en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla.

Se analizarán diversas variables agronómicas, incluyendo la altura de la planta, el número de hileras y granos por mazorca, el diámetro ecuatorial y polar, el peso de la mazorca, el peso del olote y el rendimiento de grano. La comprensión de estos factores es esencial para maximizar la producción de maíz y contribuir a la seguridad alimentaria en el país, garantizando así un futuro sostenible para los agricultores y la población mexicana en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y material vegetal

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla, una región caracterizada por su clima subtropical seco, con temperaturas que oscilan entre 15 °C y 35 °C y precipitaciones anuales promedio de 700 a 900 mm. Esta localización es idónea para el cultivo de maíz, favorecida por sus suelos fértiles y el acceso a técnicas de riego que complementan las condiciones de temporal.

Para esta investigación, se seleccionaron cinco variedades mejoradas de maíz de la empresa "El Caudillo": Zapata 12, Zapata 13A, VS-535, Zapata 8 y ACA AZ-1, además de una variedad testigo,

Zapata 2A. Las semillas fueron obtenidas directamente de la empresa, garantizando su calidad y homogeneidad. Se realizó un análisis preliminar de las semillas para asegurar que cumplieran con los estándares de germinación y pureza genética, elementos esenciales para el éxito del experimento.

Las variedades seleccionadas fueron elegidas en función de su adaptabilidad a las condiciones locales y su potencial productivo. Se plantaron en un diseño experimental de bloques completos al azar, lo que permitió una evaluación controlada de las variables agronómicas. Esta selección y localización son fundamentales para obtener datos relevantes que contribuyan al mejoramiento continuo de las prácticas de cultivo en la región. (Chávez, 1995).

Se evaluaron cinco variedades de maíz mejorados de la empresa agrícola “El Caudillo” y como testigo se usó el híbrido *Zapata 2A*, dado que es el que más siembran los productores de la región de Izúcar de Matamoros, Puebla (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variedades de maíz híbrido de la empresa agrícola el Caudillo.

Tipo de maíz	Tipo de híbrido	Ciclo	Color del grano	Textura de grano	Tolerancia al acame del tallo
Zapata 2A (T6, testigo)	Cruza triple	Intermedio-precoz	Amarillo-naranja	Semidura	Buena
Zapata 12 T5	Cruza triple	Intermedio-precoz	Blanco	Semidentado	Buena
Zapata 8 T2	Cruza triple	Intermedio	Blanco	Dentado profundo	Excelente
Zapata 13-A T4	Cruza triple	Intermedio	Amarillo tenue	Semidentado	Buena
VS-535 T1	Variedad polinización libre	Intermedio-precoz	Blanco cristalino	Dentado	Buena
ACAAZ-1 T3	Polinización libre	Intermedio	Azul muy oscuro	Semidentado	Excelente

Fuente: Agrícola “El Caudillo” S.P.R. de R.L.

Siembra y manejo del cultivo

La siembra de las variedades de maíz se realizó en el mes de junio de 2023, aprovechando la temporada de lluvias que caracteriza a la región de Izúcar de Matamoros. Se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres repeticiones para cada variedad, asegurando así la validez estadística de los resultados obtenidos. Las parcelas de siembra fueron preparadas

previamente, realizando un arado profundo y una nivelación adecuada del terreno para optimizar la distribución del agua y mejorar las condiciones de germinación.

Las semillas fueron sembradas a una profundidad de 5 a 7 cm, con una distancia de 75 cm entre surcos y 25 cm entre plantas, para garantizar un adecuado espacio para el crecimiento de cada planta. Este marco de siembra permite una adecuada ventilación y acceso a la luz solar, factores críticos para el desarrollo saludable del maíz (López *et al.*, 2017).

El manejo del cultivo incluyó prácticas de riego, fertilización y control de plagas. Se implementó un riego de auxilio en períodos críticos de crecimiento, especialmente durante la fase de polinización y llenado de granos, lo que es fundamental para maximizar el rendimiento (Zhao *et al.*, 2020). La fertilización se realizó utilizando un esquema de aplicación fraccionada, incorporando fertilizantes nitrogenados y fosfatados, de acuerdo con las recomendaciones agronómicas y las condiciones del suelo, lo que favoreció un adecuado desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz.

Adicionalmente, se realizaron monitoreos regulares para la detección temprana de plagas y enfermedades, aplicando métodos de control integrado que minimizan el uso de agroquímicos y fomentan la sostenibilidad del cultivo. Estas prácticas de manejo integral son clave para optimizar el rendimiento y asegurar la calidad del maíz producido.

Variables evaluadas

En este estudio, se evaluaron diversas variables agronómicas que son fundamentales para determinar el rendimiento y la calidad del maíz. Las variables consideradas incluyen:

Altura de la planta: se midió desde la base de la planta hasta la mazorca y la espiga, lo que proporciona información sobre el crecimiento vegetativo y su capacidad para competir por luz y nutrientes. La altura es un indicador clave del vigor de la planta y su potencial productivo (Zhao *et al.*, 2020).

Número de hileras por mazorca: esta variable se registró para evaluar la densidad de granos en cada mazorca, lo cual es crucial para estimar el rendimiento potencial. Un mayor número de hileras suele correlacionarse con un mejor llenado de grano y mayor rendimiento (Cárcova y Otegui, 2001).

Número de granos por mazorca: se contabilizó el total de granos desarrollados en cada mazorca, ya que este parámetro es determinante para el rendimiento final del cultivo. La uniformidad en el número de granos es esencial para garantizar un llenado adecuado (López *et al.*, 2017).

Diámetro ecuatorial y polar de la mazorca: estas medidas se tomaron para evaluar el tamaño y la calidad de las mazorcas, lo cual influye directamente en el peso del grano y el rendimiento general. Un mayor diámetro generalmente está asociado con un mejor rendimiento (López *et al.*, 2017).

Peso de la mazorca: se registró el peso total de cada mazorca, que es un indicador directo del rendimiento de la planta y de su capacidad para almacenar biomasa (Zhao *et al.*, 2020).

Peso del olote: este parámetro se midió para evaluar la eficiencia del uso de recursos y el desarrollo estructural de la mazorca. Un peso adecuado del olote es indicativo de un crecimiento saludable (López *et al.*, 2017).

Peso de grano: se determinó el peso de los granos recolectados, que es un indicador crítico del rendimiento y la calidad del maíz producido. Un mayor peso de grano se asocia con un buen manejo agronómico y condiciones óptimas de crecimiento (Boyer *et al.*, 2021).

Rendimiento de grano: finalmente, se calculó el rendimiento total por hectárea para cada variedad evaluada, lo que proporciona una medida integral del éxito del cultivo bajo las condiciones de estudio.

La evaluación de estas variables permite comprender mejor el comportamiento de las variedades de maíz bajo diferentes condiciones agronómicas, contribuyendo a la selección de variedades más adecuadas para maximizar la producción en la región.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado en este estudio fue un Diseño Completamente al Azar (DCA), lo que permitió una evaluación controlada y precisa de las variedades de maíz bajo condiciones homogéneas. Se establecieron tres repeticiones para cada variedad, lo que garantizó la validez y la confiabilidad de los resultados obtenidos. Cada parcela experimental consistió en cuatro surcos de 5 metros de longitud, con una distancia de 75 cm entre surcos y 25 cm entre plantas. Este diseño facilitó una adecuada distribución de los tratamientos y una gestión eficiente de las variables agronómicas evaluadas.

Para el análisis estadístico, se utilizó el software SAS (Statistical Analysis System), versión 9.4, que permitió realizar un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia de las diferencias entre las medias de las variables evaluadas. Se aplicó la prueba de Tukey para comparaciones múltiples, con un nivel de significancia establecido en $\alpha = 0.05$. Este enfoque estadístico es fundamental para validar los hallazgos y proporcionar conclusiones robustas sobre el rendimiento de las diferentes variedades de maíz (Gomez y Gomez, 1984).

El análisis de los datos permitió identificar las interacciones entre las variedades y las condiciones de manejo, facilitando la toma de decisiones informadas para la selección de variedades más adecuadas en la región de estudio. Estos métodos estadísticos no solo garantizan la precisión de los resultados, sino que también ofrecen una base sólida para futuras investigaciones en el campo de la agrobiotecnología y el cultivo de maíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

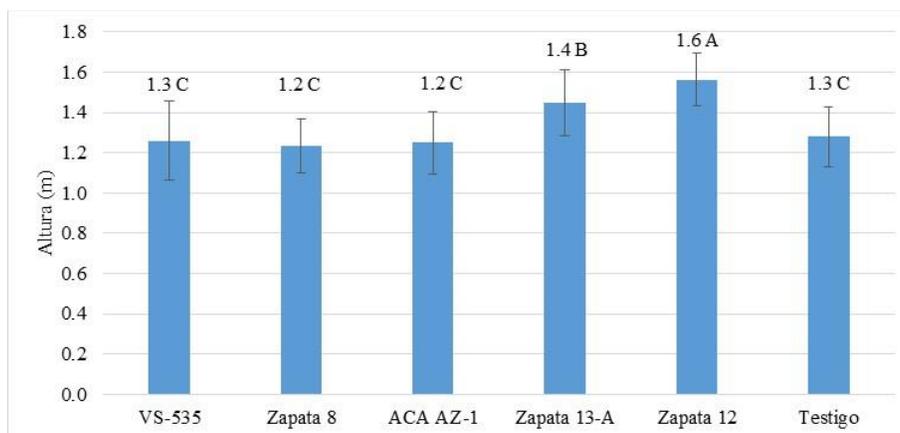
Altura de la base de la planta a la mazorca

Las variedades Zapata 13A y Zapata 12 mostraron una mayor altura desde la base de la planta a la mazorca en comparación con el testigo Zapata 2A (figura 1), lo que puede atribuirse a su genética optimizada para maximizar la fotosíntesis y el aprovechamiento de nutrientes. Este crecimiento vertical superior podría tener un impacto positivo en el rendimiento del cultivo, como lo reportan Meena *et al.* (2023) en estudios sobre características físicas del maíz.

Por otro lado, las variedades VS-535 y ACA AZ-1, aunque más bajas, mantuvieron una buena resistencia al acame, haciéndolas más adecuadas para regiones con condiciones de viento o lluvias intensas. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Zhao *et al.* (2020), quienes observaron que la densidad de siembra afecta significativamente la altura de las plantas de maíz. Además, las condiciones agroclimáticas en Izúcar de Matamoros, con riego suplementario, permitieron un desarrollo vegetativo superior en comparación con estudios realizados en otras regiones como India.

Zapata 13A y Zapata 12 destacan por su mayor altura, lo que puede ser ventajoso en términos de rendimiento, aunque se debe monitorear el riesgo de acame bajo condiciones climáticas adversas.

Figura 1. *Altura desde la base de la planta a la mazorca.*



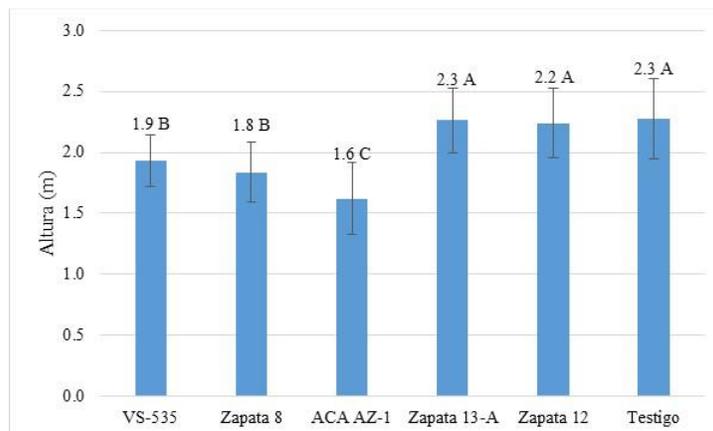
Fuente: elaboración propia

Altura de la base de la planta a la espiga

En el presente estudio, las variedades Zapata 12 y Zapata 13A mostraron una altura desde la base de la planta a la espiga similar al testigo Zapata 2A (figura 2), lo que indica que estas variedades tienen un crecimiento adecuado para maximizar la intercepción de luz solar y facilitar la dispersión del polen. En cambio, VS-535 y ACA AZ-1 presentaron una altura significativamente menor, lo que puede ser una ventaja en áreas propensas al acame (caída de plantas) debido a la estabilidad estructural que ofrecen las plantas más bajas. Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Zhao et al. (2020), quienes observaron que la densidad de siembra y el manejo agronómico influyen significativamente en la altura de la planta y en la resistencia al acame.

Estudios anteriores sugieren que una mayor altura de la espiga no solo facilita el proceso de polinización, sino que también mejora el llenado de mazorcas al reducir la competencia entre las plantas y aumentar la eficiencia en la fotosíntesis. Esta relación es crucial para maximizar el rendimiento del maíz, especialmente bajo condiciones de estrés hídrico o alta densidad de siembra, como lo indican Cárcova y Otegui (2001), quienes exploraron la relación entre la altura de la espiga y el éxito en la polinización y llenado de granos.

Figura 2. *Altura de la base de la planta a la espiga.*

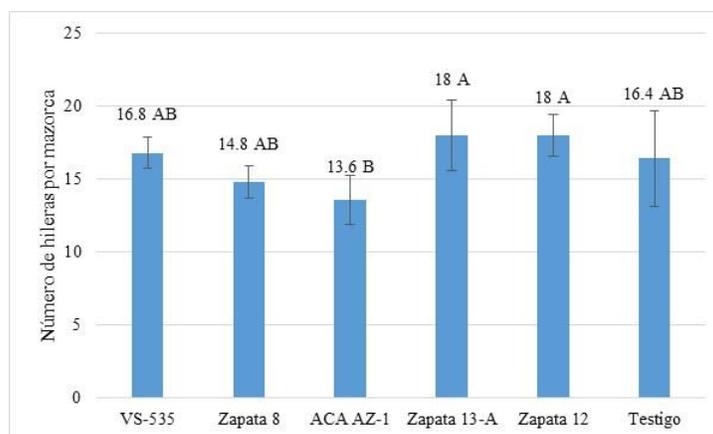


Fuente: elaboración propia

Número de hileras por mazorca

El número de hileras por mazorca es un indicador importante del rendimiento potencial del maíz. En este estudio, todas las variedades evaluadas fueron similares al testigo Zapata 2A (figura 3), con un promedio de 16.4 hileras por mazorca, lo que indica una estabilidad en esta característica. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Storck *et al.* (2007), quienes encontraron un rango de 13.6 a 18.8 hileras por mazorca en híbridos evaluados en Brasil. La uniformidad en el número de hileras sugiere que, bajo las condiciones de riego de auxilio y temporal en Izúcar de Matamoros, las variedades mejoradas mantienen una expresión fenotípica estable.

Figura 3. *Número de hileras por mazorca.*



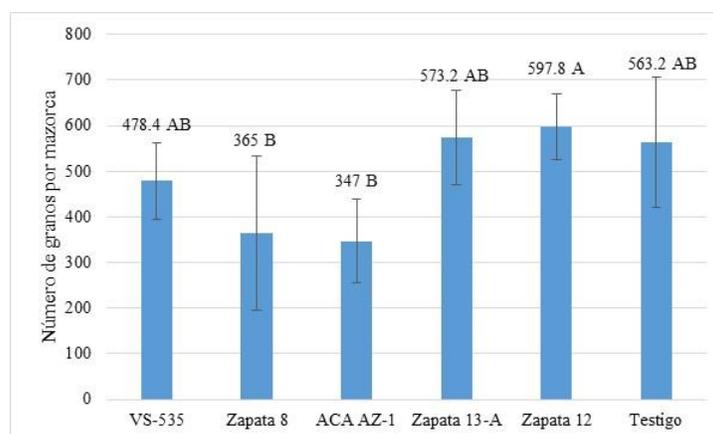
Fuente: Elaboración propia

Estudios previos, como el de Cárcova y Otegui (2001), han destacado la importancia de la uniformidad en el número de hileras para garantizar una polinización efectiva y un adecuado llenado de grano. Aunque la cantidad de hileras no varió significativamente entre las variedades, este parámetro puede ser crítico para el rendimiento final cuando se combina con otras características agronómicas como el tamaño y el peso del grano. En este contexto, la estabilidad del número de hileras es ventajosa, ya que permite un llenado más uniforme de la mazorca y, en consecuencia, un mejor rendimiento global del cultivo.

Número de granos por mazorca

El número de granos por mazorca es una variable crítica que directamente influye en el rendimiento del maíz. En este estudio, las variedades Zapata 12, Zapata 13A, y VS-535 presentaron un número de granos similar al testigo Zapata 2A (figura 4), con un promedio de 563 granos por mazorca. Estos valores son consistentes con los reportados por López *et al.* (2017), quienes observaron un rango de 532 a 646 granos por mazorca en híbridos evaluados bajo diferentes condiciones de siembra en México. La uniformidad en el número de granos indica que las variedades mejoradas pueden mantener una alta capacidad productiva, incluso en condiciones de estrés hídrico moderado.

Figura 4. *Número de granos por mazorca.*



Fuente: *elaboración propia*

Estudios previos han señalado la importancia del número de granos como indicador del éxito en la polinización y el llenado de las mazorcas. De acuerdo con Cárcova y Otegui (2001), un mayor

número de granos suele estar correlacionado con un adecuado manejo del riego y una eficiente fertilización, lo que permite un mejor llenado y desarrollo de las mazorcas. Sin embargo, las variedades con menor número de granos en este estudio podrían estar afectadas por factores genéticos o ambientales, como la densidad de siembra o la competencia intraespecífica, lo que limita su capacidad de desarrollar un mayor número de granos.

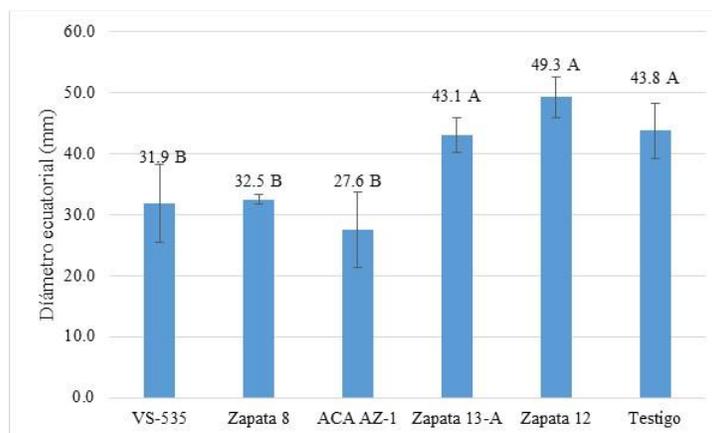
La estabilidad en el número de granos por mazorca entre las variedades evaluadas destaca su adaptabilidad bajo las condiciones locales de Izúcar de Matamoros, lo que sugiere su viabilidad para maximizar el rendimiento en estas condiciones.

Diámetro ecuatorial

El diámetro ecuatorial de las mazorcas es un parámetro que refleja el tamaño y, en última instancia, el rendimiento potencial de la planta de maíz. En este estudio, las variedades Zapata 12 y Zapata 13A mostraron diámetros ecuatoriales similares al testigo Zapata 2A (figura 5), con un promedio de 43.8 mm, lo que indica una estabilidad en esta característica. Sin embargo, las variedades VS-535, Zapata 8, y ACA AZ-1 presentaron diámetros significativamente menores, lo que podría estar asociado a factores genéticos o a la menor densidad de siembra. Estos resultados coinciden con lo reportado por López *et al.* (2017), quienes encontraron que el diámetro ecuatorial en híbridos de maíz varía considerablemente en función del manejo agronómico y las condiciones ambientales.

El diámetro ecuatorial está relacionado con el tamaño general de la mazorca y, por lo tanto, es un indicador directo del peso de los granos y el rendimiento final del cultivo. Según Storck *et al.* (2007), un mayor diámetro ecuatorial se asocia con una mejor capacidad de llenado de los granos, lo que resulta en un mayor peso de la mazorca y, por lo tanto, en un aumento del rendimiento. No obstante, las variedades con menor diámetro en este estudio pueden haber experimentado alguna limitación en la translocación de nutrientes o el desarrollo celular, lo que afectó su crecimiento. Las variedades Zapata 12 y Zapata 13A demostraron una mayor capacidad para alcanzar diámetros ecuatoriales comparables al testigo, lo que subraya su potencial productivo bajo las condiciones evaluadas.

Figura 5. *Diámetro ecuatorial de la mazorca.*



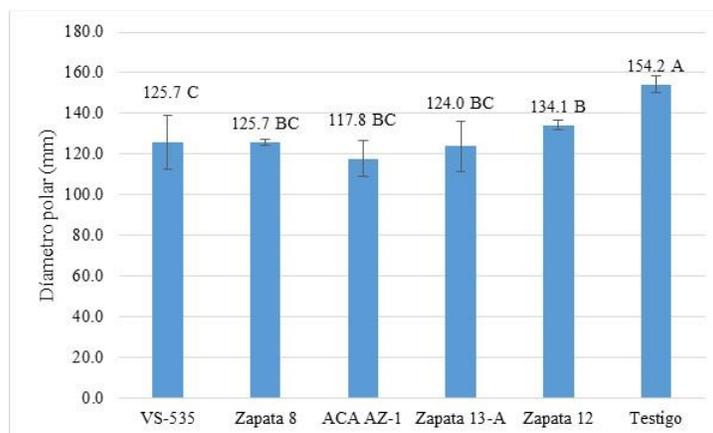
Fuente: elaboración propia

Diámetro polar de la mazorca

El diámetro polar de la mazorca es otro parámetro clave que influye en el rendimiento del maíz, ya que refleja la capacidad de llenado y el tamaño general de los granos. En este estudio, todas las variedades mejoradas mostraron diámetros polares significativamente inferiores al testigo Zapata 2A (figura 6), que presentó un promedio de 154 mm. Este hallazgo sugiere que, aunque las variedades mejoradas como Zapata 12 y Zapata 13A tienen un buen rendimiento en otros parámetros, podrían beneficiarse de un mejor desarrollo en el tamaño de la mazorca para maximizar el rendimiento total. Estos resultados son consistentes con lo reportado por López *et al.* (2017), quienes encontraron variaciones significativas en el diámetro polar entre diferentes híbridos de maíz.

La disminución en el diámetro polar podría deberse a factores como la competencia por nutrientes y el manejo agronómico, ya que el tamaño de la mazorca está influenciado por la disponibilidad de recursos durante el llenado de granos. Según Zhao *et al.* (2020), el manejo adecuado de la fertilización y el riego puede ser determinante en el desarrollo del diámetro polar, afectando así el rendimiento general del cultivo. Las variedades que presentaron un diámetro polar menor podrían estar limitadas por su genética o por condiciones ambientales subóptimas que afectan la translocación de nutrientes. Aunque el diámetro polar no alcanzó los niveles del testigo, las variedades mejoradas tienen potencial para mejorar este rasgo mediante prácticas agronómicas adecuadas que maximicen el llenado de granos y el tamaño de la mazorca.

Figura 6. Diámetro polar de la mazorca.



Fuente: elaboración propia

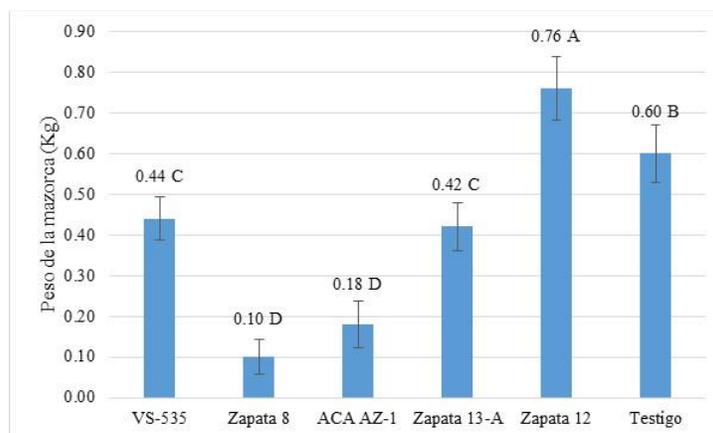
Peso de las mazorcas de maíz

El peso de las mazorcas es un indicador crucial del rendimiento y la calidad del maíz, ya que refleja la capacidad de las plantas para producir y llenar granos. En este estudio, solo la variedad Zapata 12 mostró un peso de mazorca (0.76 kg) superior al testigo Zapata 2A (figura 7), que tuvo un promedio de 0.6 kg. Las demás variedades, como VS-535, Zapata 8, ACA AZ-1, y Zapata 13A, presentaron pesos significativamente inferiores, lo que podría indicar limitaciones en su capacidad de llenado o en la eficiencia del uso de nutrientes.

Estos hallazgos son consistentes con los resultados de López *et al.* (2017), quienes también reportaron variaciones en el peso de las mazorcas en diferentes híbridos de maíz, sugiriendo que el manejo agronómico y las condiciones ambientales tienen un impacto directo en este parámetro. Según Zhao *et al.* (2020), el adecuado manejo de la fertilización y el riego es esencial para maximizar el peso de la mazorca, ya que una nutrición deficiente puede limitar el llenado de granos y, por ende, el rendimiento total.

El menor peso observado en las variedades evaluadas puede atribuirse a factores como la competencia intraespecífica y el estrés hídrico. La relación entre el peso de la mazorca y el rendimiento final del cultivo es fundamental, ya que un mayor peso suele correlacionarse con un número mayor de granos y un mejor llenado. Por lo tanto, aunque algunas variedades no alcanzaron los pesos del testigo, el potencial para mejorar el rendimiento se mantiene mediante un manejo agronómico adecuado.

Figura 7. Peso de la mazorca de maíz.

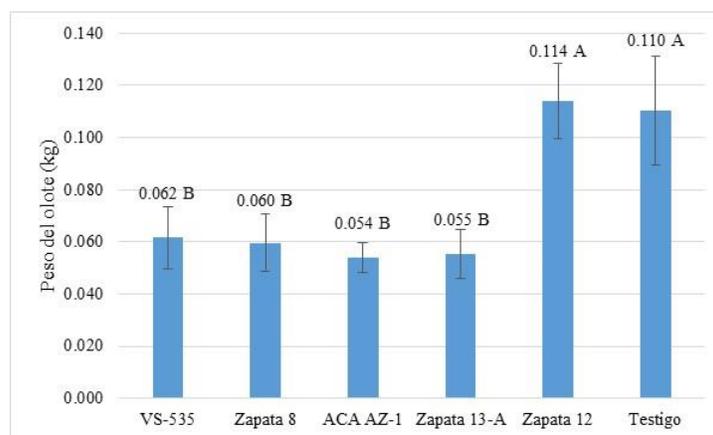


Fuente: elaboración propia

Peso del olate

El peso del olate es un indicador importante de la eficiencia del uso de recursos en el cultivo de maíz, ya que refleja la capacidad de las plantas para desarrollar un sistema estructural adecuado. En este estudio, se observó que la mayoría de las variedades mejoradas presentaron pesos del olate inferiores a las variedades Zapata 12 y al testigo, que tuvieron promedios de 0.11 kg. (figura 8), lo que podría sugerir una mejor adaptación a las condiciones de cultivo y un desarrollo más robusto de la estructura de la mazorca.

Figura 8. Peso del olate del maíz.



Fuente: elaboración propia

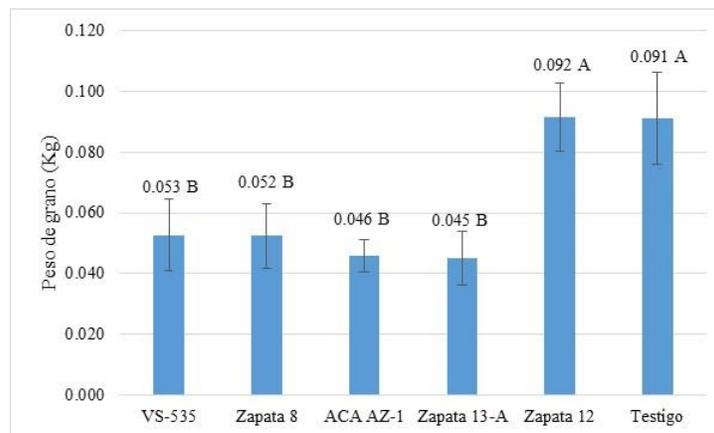
Estos resultados son consistentes con investigaciones anteriores, como las de López *et al.* (2017), que destacan que el peso del olote puede verse afectado por la densidad de siembra y las prácticas de manejo agronómico, así como por factores genéticos que determinan el desarrollo de la mazorca. El peso del olote también se ha correlacionado con la capacidad de la planta para resistir el estrés, lo que puede influir en su rendimiento final (Kato *et al.*, 2009).

El menor peso del olote en las variedades mejoradas sugiere que, aunque su potencial productivo puede ser alto, existe la necesidad de ajustar el manejo agronómico, incluyendo la fertilización y el riego, para optimizar el desarrollo del olote y, en consecuencia, el rendimiento general del cultivo.

Peso de grano de maíz

El peso de grano de maíz es un parámetro fundamental que influye en el rendimiento total del cultivo, ya que indica la cantidad de biomasa que cada mazorca puede producir. En este estudio, la variedad Zapata 12 mostró un peso de grano comparable al testigo Zapata 2A, con un promedio de 0.090 kg, mientras que las demás variedades, como VS-535, Zapata 8, ACA AZ-1, y Zapata 13A, presentaron pesos significativamente inferiores, oscilando entre 0.045 kg y 0.052 kg. (figura 9) Esta diferencia puede ser atribuida a la genética de cada variedad y a la eficiencia en la utilización de nutrientes durante el desarrollo del grano.

Figura 9. *Peso de grano de maíz.*



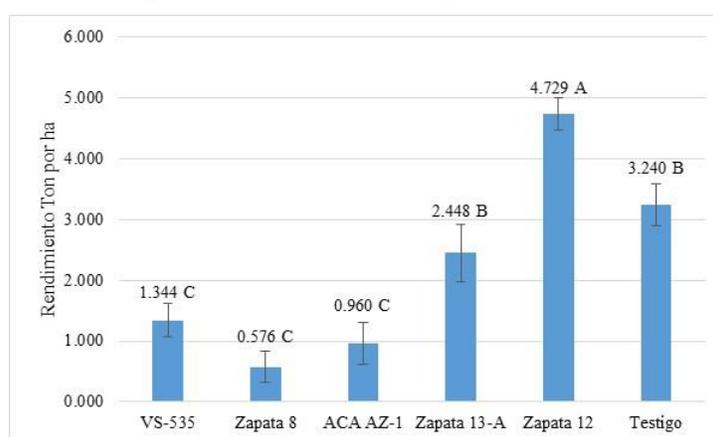
Fuente: *elaboración propia*

Estos hallazgos están en línea con lo reportado por López *et al.* (2017), quienes encontraron variaciones significativas en el peso del grano entre diferentes híbridos de maíz, indicando que un manejo agronómico adecuado puede mejorar este aspecto. Además, la disponibilidad adecuada de nutrientes, particularmente nitrógeno, fósforo y potasio, es esencial para maximizar el peso de los granos. Un estudio realizado por Kaushik (2024) enfatiza que la gestión adecuada de estos nutrientes impacta directamente el rendimiento y la calidad del grano, destacando la importancia de prácticas de fertilización adecuadas para el desarrollo óptimo del maíz. La menor capacidad de algunas variedades para alcanzar pesos de grano comparables al testigo puede reflejar limitaciones en la translocación de nutrientes o en la adaptación al ambiente de cultivo.

Rendimiento de grano de maíz

El rendimiento de grano es un indicador crucial de la productividad del maíz y se ve afectado por múltiples factores, incluyendo la genética de la variedad, el manejo agronómico y las condiciones ambientales. En este estudio, el rendimiento de la variedad Zapata 12 fue de 4.7 t/ha, superando al testigo Zapata 2A, que alcanzó un rendimiento de 3.2 t/ha (figura 10). Sin embargo, las otras variedades evaluadas presentaron rendimientos significativamente inferiores, lo que sugiere que estas variedades pueden no estar optimizadas para las condiciones específicas del área de estudio.

Figura 10. *Rendimiento de grano de maíz.*



Fuente: *elaboración propia.*

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de López *et al.* (2017), quienes reportaron que las prácticas de manejo adecuadas, como la fertilización y el riego, son esenciales para maximizar el rendimiento en maíz. Además, un estudio de Zhao *et al.* (2020) enfatiza que la optimización de la densidad de siembra y el manejo del nitrógeno puede mejorar significativamente el rendimiento en diferentes híbridos de maíz, lo que resalta la importancia de un enfoque integral en el manejo agronómico.

El rendimiento observado en Zapata 12 también puede atribuirse a su genética mejorada, que ha sido diseñada para adaptarse a condiciones de estrés hídrico y optimizar la eficiencia en el uso de recursos. La capacidad de esta variedad para alcanzar rendimientos superiores bajo condiciones de temporal con riego de auxilio sugiere que podría ser una opción viable para los agricultores de la región de Izúcar de Matamoros.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación evidencian que las variedades mejoradas de maíz de la empresa El Caudillo, en particular Zapata 12 y Zapata 2A, demuestran un rendimiento agronómico superior en condiciones de temporal con riego de auxilio. Zapata 12 se destacó no solo en rendimiento de grano, sino también en peso de mazorca y altura de la planta a la espiga, lo que la convierte en una opción viable para los productores en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla. Aunque otras variedades presentaron características prometedoras, sus rendimientos fueron inferiores a los primeros dos tratamientos mencionados, lo que sugiere la necesidad de un manejo agronómico más eficiente y adaptaciones genéticas adicionales para maximizar su potencial.

La uniformidad en el número de hileras por mazorca y el peso del olote también se mantuvo constante entre las variedades evaluadas, lo que resalta la importancia de estas características en el contexto de la producción sostenible de maíz. Los hallazgos coinciden con estudios previos que enfatizan la relevancia de la gestión adecuada de nutrientes y el riego en el cultivo de maíz, sugiriendo que las prácticas agronómicas deben ser cuidadosamente implementadas para optimizar el rendimiento en diferentes variedades.

Esta evaluación resalta el potencial de las variedades mejoradas en la producción de maíz bajo condiciones específicas y sugiere que, con un enfoque integral en el manejo agronómico, los productores pueden mejorar tanto el rendimiento como la sostenibilidad de sus cultivos.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo está dedicado a la memoria del Doctor José Luis Leana Acevedo, quien fue un pilar fundamental en la realización del trabajo de campo que sustenta esta investigación. Su dedicación, esfuerzo y compromiso con el estudio del maíz dejaron una huella imborrable en todos aquellos que tuvimos el privilegio de conocerlo y trabajar a su lado. Lamentablemente, su vida fue truncada por una enfermedad antes de que pudiera ver culminado este proyecto.

A pesar de su partida, su legado perdura en cada uno sus alumnos y en los resultados presentados en este trabajo. Con la esperanza de honrar su memoria, finalizamos este artículo en su nombre, deseándole lo mejor en su camino y recordando siempre su valiosa contribución a la ciencia y a la educación. Su espíritu y pasión por la investigación continúan inspirándonos a seguir adelante en la búsqueda del conocimiento.

REFERENCIAS

- Aguilar-Carpio, Cid, Escalante-Estrada, José Alberto Salvador, Aguilar-Mariscal, Immer, & Pérez-Ramírez, Adriana. (2017). *Crecimiento, rendimiento y rentabilidad del maíz VS-535 en función del biofertilizante y nitrógeno*. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(12), 475-483. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1000>
- Arteaga, M. C., Moreno-Letelier, A., Mastretta-Yanes, A., et al. (2015). Data from: Genomic variation in recently collected maize landraces from Mexico [Dataset]. Dryad. <https://doi.org/10.5061/dryad.4t20n>
- Boyer, S. A., Haudin, J. M., Song, V., Bourassier, V., Navard, P., & Barron, C. (2021). Transcrystallinity in maize tissues/polypropylene composites: First focus of the heterogeneous nucleation and growth stages versus tissue type. *Polymer Crystallization*, 4(1), e10155.
- Cárcova, J., & Otegui, M. (2001). Ear temperature and pollination timing effects on maize kernel set. *Crop Science*, 41, 1809–1815.
- Chávez A, (1995), *Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de plantas alógamas*. México: Editorial Trillas. pp 462.
- FAO, 2017, *Food and Agriculture Organization. United Nations, New York, USA*.

Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley & sons.

Gómez Montiel, N. O., Cantú Almaguer, M. Á., Vázquez Carrillo, M. G., Hernández Galeno, C. D., Aragón Cuevas, F., Espinosa Calderón, A., & Tadeo Robledo, M. (2017). Variedad mejorada de maíz azul ‘V-239AZ’ para las regiones semicálidas de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1905-1910.

Hernández-Rojas, Cuauhtémoc Josué, Sandoval-Castro, Engelberto, Ocampo-Mendoza, Juventino, & Casillas-Zepeda, Luis. (2020). Caracterización de frutos de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) en el sistema de traspatio de la Mixteca Poblana. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 30(55), e20830. Epub 06 de diciembre de 2021. <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.830>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). El INEGI y la SADER presentan los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019: Nota técnica Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019. [Comunicado de prensa núm. 481/20]. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/ENA/Ena2019.pdf>

Ishaq, M., G, Hassan, H. Rahman, M. Iqbal, I.A. Khalil, S.A. Khan, S.A. Rafiullah y J. Hussain. 2014. Estimates of heritability and expected response for maturity and grain yield related traits in half sib recurrent families of maize, *Pakistan. J. Biotechnology*, 12: 141-51.

Kaushik, P. (Ed.). (2024). *New Prospects of Maize*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.107793

López Córdova, J. J. ., Piñarreta Olivares , R. A., García Juárez , H. D. ., Nole Zapata, J. A., & Rodríguez Abraham , A. R. . (2024). Gestionar el Efecto de fertilizantes NPK y dos densidades de siembra en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Alfa*, 8(23), 439–450. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.276>

López U., C.A. Rosales-Nieto, E.S. López, N.S. López, P.P. Rangel, A.P. Gil, y D. Real. 2017. Yield of forage, grain, and biomass in eight hybrids of maize with different sowing dates and environmental conditions, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1): 86-104. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4403>.

Kato T.A., L.M. Mapes, J.A. Mera y R.A. Serratos. 2009. Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. México D.F. 116p.

- MasAgro. (2012). MasAgro Maíz. Consultado el 28 de mayo de 2024. <https://masagro.mx/componentes/masagro-maiz/>
- Meena B.S., A.K. Shrivastava y K. Bhelave. 2023. Physical Characteristics of Maize Plants for Development of Maize Cobs Picker. *Biological Forum*, 15(2): 404-408, ISSN N°. 0975-1130, ISSN (*on line*) N°. 2249 3239.
- Ortiz-Monasterio, I., & Guerra Zitlalapa, L. (2019). *Guía para selección de variedades de maíz blanco y amarillo en el estado de Morelos 2019*. CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/20121/60616.pdf?sequence=4&isAllowed=y&fbclid=IwAR1HlgLoRxZUJsS2H1uceeRcWISpkDfnJMVyva59kHuxA8ioyP7o9VwV2Fo>
- Pérez-Somarriba, E. B., & Hernández - Fernández, G. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del Cultivo de Maíz (*Zea mays*) en camas Biointensivas. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 8(15), 1876–1885. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14332>
- Santiago-López U., C.A. Rosales-Nieto, E. Santiago-López, N. Santiago-López, P. Preciado-Rangel y A. Palmo-Gila. 2018. Rendimiento de forraje, grano y biomasa en ocho híbridos de maíz con diferentes fechas de siembra y condiciones ambientales, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9 (1): 86-104. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4403>.
- Storck L., J. Lopes Sidinei, A. Cargnelutti Filho, F. Dias Luiz y M. Pisaroglo de Carvalho. 2007. Sample size for single, double, and three-way hybrid corn ear traits. *Sci. Agric. (Piracicaba, Brazil)*, 64(1): 30-35.
- Wasson1 A.P., R.A. Richards, R. Chatrath, S.C. Misra, S.V. Sai Prasad, J.A. Rebetzke1, J.C. Kirkegaard y M. Watt. 2012. Traits and selection strategies to improve root systems and water uptake in water-limited wheat crops, *J. Experimental Botany*, 63(9): 3485–3498. doi: 10.1093/jxb/ers111.
- Zhao Y., H. Yufang, L. Shuai, C. Xu e Y. Youliang. 2020. Improving the growth, lodging and yield of different density-resistance maize by optimizing planting density and nitrogen fertilization. *Plant, Soil & Environment*, 66(9): 453–460. <https://doi.org/10.17221/178/2020-PSE>.