Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE GENOTIPOS DE MAÍZ TROPICAL BAJO RIEGO NORMAL Y RESTRINGIDO

Oralia Antuna Grijalva[1*], Armando Espinoza Banda[1], Enrique Andrio Enríquez[2], Diana L. Vizcarra Manríquez[1], Jorge Quiroz Mercado[1], Blanca E. Zamora Martínez[1], Alejandro Moreno Resendez[1], Eulalio Delgado Rico[1] y Nancy Ogaz Camacho[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez, Col. Valle Verde, Torreón, Coah., México, C.P. 27054, [2]Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan Av. Tecnológico No.21 San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca, México, C.P.68446. *Autor para correspondencia: antunagrijalvao019@gmail.com

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicado en Torreón, Coahuila, México. El material genético estuvo conformado por 50 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío, procedentes del banco de germoplasma del Centro Internacional de Maíz y Trigo. La evaluación de los genotipos se realizó durante el ciclo primavera-verano 2025, bajo dos condiciones de humedad: 1) riego normal y 2) riego deficitario. Para ello, se empleó un diseño experimental alfa látice, integrado por 30 bloques y 5 tratamientos por bloque, distribuidos en tres repeticiones. Las variables analizadas fueron: floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), acame de raíz (AR), cobertura (COB), aspecto de mazorca (AMZ), porcentaje de mazorcas podridas (MP), rendimiento de mazorca (RMZ. Los genotipos evaluados bajo condiciones de riego normal presentaron mayores valores en AP, AM y RMZ. Por el contrario, bajo riego deficitario, los materiales mostraron un ciclo más tardío, mayor acame de raíz. El genotipo T03 registró el mayor rendimiento, mostrando diferencias estadísticas significativas con respecto a los demás genotipos. Además, el aspecto de mazorca presentó una asociación positiva con el porcentaje de mazorcas podridas (0.77**); sin embargo, esta última variable aparentemente influyó de manera negativa sobre el rendimiento de mazorca (-0.61**).

Palabras clave: *Zea mays* L., *evaluación agronómica, riego normal, riego restringido*

ABSTRACT

The study was conducted at the experimental field of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, located in Torreón, Coahuila, Mexico. The genetic material consisted of 50 late-maturing tropical maize genotypes obtained from the germplasm bank of the Centro Internacional de Maíz y Trigo. The evaluation of the genotypes was carried out during the 2025 spring–summer growing season under two moisture conditions: 1) normal irrigation and 2) deficit irrigation. An alpha-lattice experimental design was used, consisting of 30 blocks and 5 treatments per block, distributed in three replications.

The variables evaluated were: male flowering (FM), female flowering (FF), plant height (AP), ear height (AM), root lodging (ART), plant cover (COB), ear appearance (AMZ), percentage of rotten ears (MP), ear yield (RMZ), senescence 1 (SEN1), and senescence 2 (SEN2). The genotypes evaluated under normal irrigation conditions showed higher values for AP, AM, and RMZ. In contrast, under deficit irrigation conditions, the materials exhibited a later growth cycle, greater root lodging, and increased senescence. Genotype T03 recorded the highest yield, showing statistically significant differences compared to the other genotypes. Furthermore, ear appearance was positively associated with the percentage of rotten ears (0.77**); however, this variable apparently had a negative influence on ear yield (-0.61**).

Keywords: Zea mays L., *agronomic evaluation, normal irrigation, deficit irrigation.*

INTRODUCCIÓN

La clasificación de los ambientes de cultivo del maíz se basa principalmente en las condiciones climáticas y la latitud donde se desarrolla el cultivo. Los maíces tropicales se cultivan entre la línea ecuatorial y los 30° de latitud norte y sur, mientras que los ambientes subtropicales se localizan entre los 30° y 34° de latitud. Además, los genotipos de maíz se agrupan en tropicales de tierras bajas, subtropicales de tierras bajas y media altitud, y tropicales de tierras altas, de acuerdo con su adaptación ambiental (Dowswell *et al*., 2018).

La adaptación de los genotipos no depende únicamente de la latitud y altitud, sino también de factores climáticos como la temperatura durante el ciclo de crecimiento. Asimismo, el Centro Internacional de Maíz y Trigo considera características adicionales para clasificar los mega ambientes del maíz, tales como el ciclo de madurez, el tipo y color de grano, debido a su influencia en la adaptación y aceptación de los materiales genéticos.

En las zonas tropicales y subtropicales, la productividad del maíz puede verse limitada por diversos factores abióticos, entre ellos la sequía, el exceso de humedad, la deficiencia de nitrógeno, la acidez del suelo, la toxicidad por aluminio y la salinidad. De estos factores, la escasez de agua representa una de las principales restricciones para la producción agrícola, lo que ha impulsado el desarrollo de estrategias para mejorar la eficiencia en el uso del agua. Entre estas destaca el Riego Deficitario Controlado (RDC), técnica que consiste en aplicar menores volúmenes de agua que los considerados óptimos, sin afectar significativamente el crecimiento y rendimiento del cultivo (Doorenbos y Kassam,1979).

El propósito de esta investigación fue evaluar 50 colectas de maíz tropical bajo condiciones de riego normal y deficitario, con el fin de identificar y seleccionar los genotipos más sobresalientes en función de su adaptación, potencial de rendimiento y características agronómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético estuvo conformado por 50 genotipos de maíz tropical provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La evaluación se realizó durante el ciclo primavera-verano 2025 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ubicado en Torreón, Coahuila. El material genético se evaluó bajo condiciones de riego normal y restringido. Se utilizó un diseño alfa látice con 30 bloques y cinco tratamientos por bloque, distribuidos en tres repeticiones. La parcela experimental consistió en surcos de 5 m de longitud, con una separación de 0.75 m entre surcos y 0.25 m entre plantas.

Los caracteres evaluados fueron: días a floración femenina (FF), cuantificados como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas presentaron estigmas receptivos; días a floración masculina (FM), determinados como el número de días desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas presentaron anteras dehiscentes; altura de mazorca (AM), medida en metros desde el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la mazorca; y altura de planta (AP), registrada en metros desde el nivel del suelo hasta la hoja bandera.

El acame de raíz (AR) se evaluó considerando aquellas plantas caídas o desviadas más de 30° respecto a la vertical. La cobertura de mazorca (COBM) se registró como el número de mazorcas por parcela que, antes de la cosecha, presentaban alguna parte expuesta. Esta variable se calificó en una escala de 1 a 5, donde 1 correspondió a una cobertura excelente y 5 a una cobertura deficiente.

El aspecto de mazorca (AMZ) se calificó después de la cosecha, considerando daño por enfermedades e insectos, tamaño de mazorca, llenado de grano y uniformidad, utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 representó la mejor calidad y 5 la más deficiente. La pudrición de mazorca (MP) se cuantifica al momento de la cosecha como el número de mazorcas con pudrición, expresándose en porcentaje con respecto al total de mazorcas cosechadas. El rendimiento de mazorca (RMZ) se obtuvo a partir del peso total de las mazorcas cosechadas por parcela, expresado en kilogramos.

El análisis de varianza de cada una de las variables evaluadas se realizó utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute, 2002). Asimismo, se efectuó la comparación de medias mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) y un análisis de correlación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presenta el análisis de varianza correspondiente a nueve variables evaluadas en 50 genotipos de maíz. Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.01) entre tratamientos para todas las variables analizadas. Asimismo, se detectaron diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.01) en la fuente de variación CR para todas las variables medidas, con excepción del aspecto de mazorca. Este resultado era esperado debido al origen genético de los tratamientos.

En la interacción CR×Trat, únicamente las variables floración femenina (FF) y altura de mazorca (AM) mostraron diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.01), en contraste con las demás variables evaluadas. Los coeficientes de variación fluctuaron entre 2.19 % para floración masculina (FM) y 51.8 % para la variable pudrición de mazorca (PM). El alto coeficiente de variación observado en las variables PM y AR posiblemente se deba a la metodología empleada, lo que generó una mayor dispersión de los datos respecto a la media. Por ello, se recomienda realizar una transformación de los datos para mejorar la precisión y el alcance del análisis de varianza (Rodríguez y Sánchez, 2024).

Cuadro 1. Análisis de varianza para nueve variables evaluadas para 50 genotipos de maíz tropical.

FV	CR	Rep(CR)	Blo(CR*Rep)	Trat	CRxTrat	Error	C.V.(%)	Media
gl	1	4	54	49	49	142		
FM	345.61**	7.42*	9.06**	186.03**	3.39	2.58	2.19	73.42
FF	1404.00**	55.00	57.11	155.55**	147.61**	46.63	8.78	77.70
AP	4.25**	0.73**	0.14**	0.25**	0.06	0.05	8.68	2.61
AM	1.04**	0.15*	0.11**	0.22**	0.10**	0.05	12.64	1.78
AR	11.60**	2.24**	0.54**	1.00**	0.28	0.31	32.42	1.74
COB	0.12**	0.05	0.04	0.16**	0.03	0.03	13.04	1.33
PM	6343.40**	520.07*	183.27*	623.58**	154.92	122.86	51.8	21.39
AMZ	0.52	4.31**	0.91**	2.59**	0.4	0.31	18.25	3.05
RMZ	45.8**	53.5**	6.81**	13.69**	1.42	1.73	25.65	5130.65

FV = Fuente de variación, gl = grados de libertad, ** = Diferencia altamente significativa (P ≤ 0.01), ** = Diferencia estadística significativa (P ≤ 0.05), ns = No existe diferencia significativa estadística (P ≥ 0.05), CV (%) = Coeficiente de variación; CR: condición de riego normal y restringido, FM: días a floración femenina, FM: días a floración masculina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, AR: acame de raíz, COB: cobertura de mazorca, PM: pudrición de mazorca, AMZ: aspecto de mazorca y RMZ: rendimiento de mazorca.

Con respecto al efecto de la condición de riego, los genotipos evaluados presentaron, en promedio, mayor altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y rendimiento de mazorca (RMZ) bajo riego óptimo. En contraste, bajo riego deficitario los

genotipos mostraron un ciclo más tardío, mayor acame de raíz y un rendimiento menor (Cuadro 2).

Los efectos descritos anteriormente pueden explicarse debido a que, en la condición de riego deficitario, a partir de los 50 dds se aplicó únicamente la mitad del agua suministrada en el riego óptimo. Esta condición de estrés hídrico tal vez promovió el desarrollo de plantas con menor vigor.

Cuadro 2. Efecto de la condición de riego en las variables evaluadas en 50 genotipos de maíz tropical.

Variables	Condición de riego	
	Óptimo	Restringido
FM	72.3 b	74.5 a
FF	75.5 b	79.9 a
AP	2.74 a	2.50 b
AM	1.85 a	1.73 b
AR	1.55 b	1.94 a
COB	1.36 a	1.32 b
PM	26.0 a	16.80 b
AMZ	3.10 a	3.01 a
RMZ	5521.40 a	4739.90 b

Los valores de la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales, FM: días a floración femenina, FM: días a floración masculina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, AR: acame de raíz, COB: cobertura de mazorca, PM: pudrición de mazorca, AMZ: aspecto de mazorca y RMZ: rendimiento de mazorca.

Los promedios de las nueve variables evaluadas en los 20 mejores tratamientos se presentan en el Cuadro 3. Se observa que, en el tratamiento 03, el 50 % de la floración masculina (FM) y femenina (FF) ocurrió a los 68.3 y 69.3 días, respectivamente, lo que lo posicionó como el material más precoz en comparación con los demás tratamientos. Por otro lado, el tratamiento 47 fue el más tardío, con 84.6 días a floración masculina y 91.3 días a floración femenina.

En cuanto a la altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), los valores más altos se registraron en el tratamiento 50, con 3.08 m y 2.22 m, respectivamente. Le siguió el tratamiento 36, con 2.89 m de altura de planta y 2.02 m de altura de mazorca, así como el tratamiento 42, que presentó 2.82 m de altura de planta y 1.97 m de altura de mazorca. Estos resultados son característicos de híbridos establecidos bajo condiciones de manejo con riego (Espinosa-Calderón et al., 2018; Alonso-Sánchez et al., 2023; Gómez-Montiel et al., 2023).

El menor acame de raíz (AR) se registró en los tratamientos 03, 32, 16 y 23. En cuanto a la pudrición de mazorca (PM), los valores más bajos se observaron en el tratamiento 03 con 2.33 %, seguido de los tratamientos 31 y 23, con 11.17 % y 11.00 %, respectivamente. Por el contrario, la mayor incidencia de infección se presentó en los tratamientos 47 (29.17 %), 05 (20.33 %) y 24 (19.67 %). Se observó que el incremento en la pudrición de mazorca se asocia con una disminución en el rendimiento (González et al., 2007), situación que se refleja en estos materiales, ya que se ubicaron dentro del grupo de menor rendimiento en comparación con los demás tratamientos evaluados.

Respecto a la cobertura de mazorca (COB) y al aspecto de mazorca, los tratamientos presentaron valores aceptables de acuerdo con las escalas de evaluación empleadas, las cuales oscilaron de 1 a 5, donde 1 corresponde a una condición aceptable y 5 a una condición deficiente.

En relación con el rendimiento de mazorca (RMZ), los tratamientos 03 (10,560.0 kg ha^{-1}), 32 (8,213.3 kg ha^{-1}) y 11 (7,893.3 kg ha^{-1}) registraron los valores más altos en comparación con los demás tratamientos, lo que sugiere un buen potencial de adaptación y expresión productiva en diferentes ambientes. En contraste, el tratamiento 42 presentó el menor rendimiento, con 5,626.7 kg ha^{-1}.

Los tratamientos con mayor rendimiento fueron el 03 (10,560.0 kg ha^{-1}), 32 (8,213.3 kg ha^{-1}) y 11 (7,893.3 kg ha^{-1}), los cuales superaron al resto de los tratamientos evaluados. Estos resultados sugieren que dichos materiales poseen un buen potencial de adaptación y capacidad productiva en diferentes ambientes.

Cuadro 3. Promedio de los 20 mejores tratamientos de maíz tropical

Tratamientos	FM (d)	FF (d)	AP (m)	AM (m)	AR (%)	COB	PM (%)	AMZ	RMZ (kg ha^{-1})
03	68.30	69.3	2.38	1.48	0.78	1.20	2.33	1.17	10560.0
32	71.00	75.8	2.45	1.84	2.05	1.20	15.17	2.08	8213.3
11	68.20	71.0	2.55	1.74	1.78	1.33	12.83	2.33	7893.3
50	79.30	85.0	3.08	2.22	2.55	1.33	18.50	3.08	7706.6
28	72.00	75.3	2.76	1.84	1.71	1.20	12.33	2.25	7404.4
47	84.60	91.3	2.86	2.13	1.78	1.46	29.17	3.25	6328.9
27	71.60	78.5	2.54	2.05	0.93	1.20	17.17	2.50	6320.0
29	79.00	82.2	3.15	2.11	2.05	1.26	15.17	3.33	6320.0
16	69.16	73.5	2.61	1.70	1.26	1.20	18.83	2.67	6204.5
2	73.00	78.0	2.93	1.99	1.66	1.58	11.42	2.58	6177.8
10	70.50	74.5	2.53	1.73	2.05	1.60	18.33	2.92	6080.0
31	72.33	76.2	2.72	1.94	1.53	1.51	11.17	2.58	5991.1
5	71.00	75.2	2.59	1.85	2.01	1.58	20.33	2.83	5964.4
23	70.33	74.5	2.79	1.76	1.48	1.20	11.00	2.67	5946.7
26	71.16	75.3	2.39	1.61	1.13	1.26	13.50	2.83	5920.0
6	69.66	71.0	2.23	1.45	1.3	1.20	10.50	2.67	5840.0
36	71.66	75.3	2.89	2.02	1.51	1.20	12.17	2.75	5751.1
30	72.16	78.2	2.61	1.8	1.51	1.26	13.17	3.25	5688.9
24	72.83	78.5	2.54	1.86	1.71	1.20	19.67	2.92	5635.5
42	75.00	80.8	2.82	1.97	2.28	1.33	17.00	3.17	5626.6
MG	73.40	77.7	2.61	1.78	1.74	1.35	21.40	3.06	5130.7
MS	72.60	77.0	2.70	1.90	1.70	1.30	15.00	2.70	6578.7
DMS	3.79	16.1	0.53	0.53	1.33	0.41	26.14	1.31	3104.8

FM: días a floración femenina, FM: días a floración masculina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, AR: acame de raíz, COB: cobertura de mazorca, PM: pudrición de mazorca, AMZ: aspecto de mazorca y RMZ: rendimiento de mazorca.

CONCLUSIONES

En el efecto de la condición de riego, los genotipos evaluados presentaron, en promedio, mayor altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y rendimiento de mazorca (RMZ) bajo condiciones de riego óptimo. En contraste,

bajo riego deficitario, los genotipos exhibieron un ciclo más tardío, mayor acame de raíz y una disminución en el rendimiento.

Los tratamientos con mayor rendimiento fueron el 03 (10,560.0 kg ha^{-1}), 32 (8,213.3 kg ha^{-1}) y 11 (7,893.3 kg ha^{-1}).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., Monter-Santillán, A., Turrent-Fernández, A., Arteaga-Escamilla, I. y Mora-García, K. (2023). Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México. Terra Latinoamericana, 41,(15). https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577

Cantrell, R. P., Paliwal, R. L., & Dowswell, C. R. (2018). *Maize in the third world*. CRC Press.

Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos.

Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Zamudio-González, B., Virgen-Vargas, J., Turrent-Fernández, A., Rojas-Martínez, I., Gómez-Montiel, N., Sierra-Macías, M., López-López, C., Palafox-Caballero, A., Vázquez-Carrillo, G., RodríguezMontalvo, F., Canales-Islas, E., Zaragoza-Esparza, J., Martínez-Yañez B., Valdivia-Bernal, R., Cárdenas-Marcelo, A., Mora-García, K. y Martínez-Nuñez, B. (2018). H-47 AE, Híbrido de maíz para valles altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 41 (1), 87-89. https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.87-89

Gomez-Montiel, N., Hernandez-Galeno, C., Anzures-Olvera, F., Tadeo-Aguilar, R., Ramírez-Díaz, J., Espinosa-Calderon, A., Tadeo-Robledo, M., Santos-Echeverria, R. y Antunez- Ocampo, O. (2023). Variedad mejorada de maíz de grano amarillo para pequeños ganaderos del trópico seco. Agro-Divulgación, 3 (3). https://doi.org/10.54767/ad.v3i3.186

González Huerta, A., Vázquez García, L. M., Sahagún Castellanos, J., Rodríguez Pérez, J. E., & Pérez López, D. D. J. (2007). Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura técnica en México*, *33*(1), 33-42.

Rodríguez, S. A. L., & Sánchez, H. A. (2024). Riego deficitario sostenido en híbridos de maíz de Valles Altos de México.