

## Comportamiento agronómico y variación ambiental de la raza Ratón en Tamaulipas, México

### Agronomic behavior and environmental variation of the Raton race in Tamaulipas, Mexico

Víctor Manuel Toribio-Solis<sup>1</sup> , Yolanda del Rocio Moreno-Ramírez<sup>1</sup> , Mario Rocandio-Rodríguez<sup>1\*</sup> , Ignacio González-Gutiérrez<sup>1</sup> , Julio Cesar Chacón-Hernández<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas - Facultad de Ingeniería y Ciencias. Mariano Matamoros s/n, Zona Centro, CP 87000, Ciudad Victoria, Tamaulipas. México.

\*Autor de correspondencia: [mrocandio@docentes.uat.edu.mx](mailto:mrocandio@docentes.uat.edu.mx)

#### Artículo científico

Recibido: 07 de febrero 2025

Aceptado: 13 de enero 2026

**RESUMEN.** Los maíces nativos pueden adaptarse a diferentes condiciones climatológicas debido a sus variaciones fenotípicas y fisiológicas. El objetivo del trabajo fue determinar la correlación y estabilidad de la variación fenotípica y de rendimiento de grano de poblaciones de maíz nativo de ciclo precoz cultivados bajo condiciones de temporal mediante el empleo de variables agronómicas y ambientales. Las evaluaciones se realizaron en las localidades de Güémez, San Isidro y el Paraíso en Tamaulipas, México. Se establecieron 10 poblaciones de maíces nativos de la raza Ratón. Las siembras se realizaron el 29 de febrero, 4 y 18 de julio bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones cada una. Se evaluaron 15 caracteres vegetativos y fenológicos, se calculó el rendimiento de grano; seis variables ambientales y 13 variables edáficas. Se utilizó un análisis de varianza combinado, un análisis de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa y un análisis de mínimos cuadrados parciales. Las poblaciones 2Rat y 10Rat presentaron mayores rendimientos de grano con 2 441.05 kg ha<sup>-1</sup> y 2 394.37 kg ha<sup>-1</sup>, la 3Rat una altura de planta promedio de 221.99 cm en los tres sitios. En la floración femenina la localidad de el Paraíso obtuvo menores días. La población 2Rat presentó mayor rendimiento de grano, pero no tuvo asociación con la altura y días a floración femenina, 1Rat resultó de mayor altura y menos productiva.

**Palabras clave:** Interacción localidad × población, poblaciones nativas, rendimiento, variación fenotípica, *Zea mays*.

**ABSTRACT.** Landrace maize can adapt to different climatic conditions due to their phenotypic and physiological variations. The objective of this study was to determine the correlation and stability of phenotypic variation and grain yield in early-maturing native corn populations grown under rainfed conditions using agronomic and environmental variables. The evaluations were carried out in the towns of Güémez, San Isidro, and El Paraíso in Tamaulipas, Mexico. Ten populations of native corn of the Ratón variety were established. Planting took place on February 29, July 4, and July 18 under a randomized complete block experimental design with three replicates each. Fifteen vegetative and phenological traits were evaluated, grain yield was calculated, and six environmental variables and 13 soil variables were assessed. A combined analysis of variance, an analysis of additive main effects and multiplicative interaction, and a partial least squares analysis were used. The 2Rat and 10Rat populations had higher grain yields with 2 441.05 kg ha<sup>-1</sup> and 2 394.37 kg ha<sup>-1</sup>, while 3Rat had an average plant height of 221.99 cm at the three sites. In female flowering, the El Paraíso location had fewer days. The 2Rat population had a higher grain yield, but this was not associated with height and days to female flowering. 1Rat was taller and less productive,

**Keywords:** Location × population interaction, native populations, yield, phenotypic variation, *Zea mays*.

## INTRODUCCIÓN

Las poblaciones nativas de maíz (*Zea mays* L.) pueden adaptarse a distintas condiciones climatológicas debido a sus amplias variaciones fenotípicas y fisiológicas (Rangel-Lucio *et al.* 2021). Dentro de ellas se encuentra la raza Ratón que se distingue por presentar características de porte bajo, ciclo fenológico corto y tolerancia a condiciones adversas de precipitación y etapas prolongadas de sequía siendo resistentes a diferentes ambientes climatológicos (Toribio-Solis *et al.* 2022, Pecina-Martínez *et al.* 2009). Además, de mostrar potencial en la expresión de rendimiento de grano en condiciones limitadas de precipitación (Nájera-Calvo *et al.* 2010). Debido a su ciclo corto los problemas de déficit hídrico se presentan principalmente al final del ciclo de madurez, por lo tanto, se desarrollan sin dificultad con precipitaciones promedio de 486-542 mm durante su ciclo de cultivo, asociándose con la temperatura y la evapotranspiración de los lugares en donde se cultivan (Ruiz-Corral *et al.* 2013). Estas características les permiten crecer en distintas condiciones ambientales, adaptándose y expresando sus características morfológicas, fenológicas y fisiológicas de forma particular para cada nicho ecológico en los que se cultivan. Estas expresiones son aprovechadas por agricultores, sobre todo quienes cultivan bajo temporal quienes las emplean como alimento para los animales y de consumo propio, además de que se incentiva la conservación in situ de este recurso (Hernández-Vázquez *et al.* 2018, Guzzon *et al.* 2021).

La variación genética de poblaciones nativas de maíz es de importancia para los agricultores y fitomejoradores, ya que es el punto de partida para implementar estrategias de conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos mediante la implementación en los distintos sistemas de producción (Hernández 2018, López-Morales *et al.* 2019, Serna *et al.* 2020). Uno de los principales factores que afectan directamente a la producción de maíces nativos bajo condiciones de temporal es el cambio climático, que trae como consecuencias la disminución de precipitaciones, presencia de heladas en épocas de crecimiento y desarrollo de los cultivos, además la presencia de sequías extremas en tiempos indeterminados (Leyva *et al.* 2020).

El establecimiento de poblaciones nativas de maíz en el estado de Tamaulipas consiste de prácticas de selección realizada por los propios agricultores con base en criterios propios, con el fin de continuar utilizando su propia semilla cada ciclo, aprovechando la diversidad existente dentro de sus cultivos, con lo cual se mantiene la conservación y utilización de estos cultivos nativos frente a retos de producción de grano y forraje para los animales, además se generan alternativas de producción en distintas regiones aprovechando la heterogeneidad agro-ecológica del estado (González-Martínez *et al.* 2018, González-Martínez *et al.* 2019, González-Martínez *et al.* 2020). Al utilizar su propia semilla el agricultor reduce costos de producción en cada periodo de cultivo, incorporando variantes fenotípicas particulares de su agrado mediante la selección como método de mejoramiento (Toribio-Solis *et al.* 2022).

El uso de esta diversidad ofrece la oportunidad de fortalecer las poblaciones nativas del agricultor con métodos de selección de forma *in situ* y así, realizar de manera participativa un plan de mejora en el cultivo (León-Rojas *et al.* 2020). Por lo tanto, necesita generar alternativas para contrarrestar este problema, por ello es relevante fomentar la siembra de poblaciones nativas de maíz adaptadas a cada nicho ecológico y a las condiciones de la agricultura de temporal (Hernández-Casillas y Esquivel-Esquivel 2004, Godina-Rodríguez *et al.* 2020). Las cuales pueden presentar rendimientos

de grano aceptables bajo condiciones de altas temperaturas y precipitaciones erráticas durante el desarrollo del cultivo (Toribio-Solis *et al.* 2022). Bajo este contexto la presente investigación tuvo como objetivo determinar la correlación y la estabilidad de la variación fenotípica y de rendimiento de grano de poblaciones de maíz nativo de ciclo precoz cultivados bajo condiciones de temporal mediante el empleo de variables agronómicas y ambientales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación geográfica

Las evaluaciones se establecieron en el año 2020, en los ciclos agrícolas: primavera-verano (P-V) en Güémez, Tamaulipas con ubicación 23° 56' 21.5" LN, 99° 06' 28.4" LO, a 193 msnm con una precipitación semestral promedio de 25 mm y una temperatura máxima de 40 °C. El ciclo otoño-invierno (O-I) fue establecido en las localidades: San Isidro, municipio de Ocampo, Tamaulipas con coordenadas geográficas 22° 54' 58.0" LN, 99° 27' 09.2" LO, a 358 msnm con 300 mm de precipitación promedio semestral, y un máximo de 40 °C, y en el Paraíso municipio de Llera, Tamaulipas (23° 11' 23.06" LN y de 98° 57' 01.99" LO, a 193 msnm) con una temperatura máxima de 35 °C y precipitaciones que alcanzaron los 250 mm semestrales.

### Material genético

Se evaluaron 10 poblaciones de maíz nativo pertenecientes a la raza Ratón (Tabla 1) seleccionadas a través de cuatro años de selección masal visual estratificada (SMVE) en campo.

**Tabla 1.** Procedencia de poblaciones nativas de maíz de la raza Ratón evaluadas en los ciclos P-V y O-I de 2020.

| Población | Raza                    | Municipio    | Localidad                     |
|-----------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| 1Rat      | Raton × Tuxpeño Norteño | Ocampo       | Ejido R. Flores Magon         |
| 2Rat      | Raton × Tuxpeño Norteño | Hidalgo      | Ejido La Trinidad             |
| 3Rat      | Ratón × Olotillo        | Tula         | Ejido Congregación Cienegilla |
| 4Rat      | Ratón × Tuxpeño         | Tula         | Ejido Terrones Benitez        |
| 5Rat      | Ratón × Olotillo        | Tula         | Ejido Lucio Vazquez           |
| 6Rat      | Ratón × Olotillo        | Tula         | Ejido Adolfo Lopez Mateos     |
| 7Rat      | Ratón × Olotillo        | Tula         | Ejido Mamalion                |
| 8Rat      | Ratón                   | Jaumave      | Ejido El Carrizo              |
| 9Rat      | Ratón                   | Hidalgo      | Ejido Ignacio Allende         |
| 10Rat     | Ratón                   | Cd. Victoria | Ejido La Presita              |

"×", indica la influencia génica de otra raza de manera secundaria.

### Manejo agronómico y diseño experimental

Las siembras se realizaron el 29 de febrero en Güémez, el 4 y 18 de julio en las localidades de San Isidro y el Paraíso de los municipios de Ocampo y Llera de Canales, respectivamente, se depositaron en el fondo del surco tres semillas por mata cada a 0.50 m de distancia entre plantas y 0.80 m entre surco. El ajuste de la población de cada ensayo experimental se realizó a los 45 días después de la siembra, con la finalidad de que las unidades experimentales alcanzaran una

densidad final de 55 000 plantas por ha<sup>-1</sup>. Las labores culturales correspondientes a las evaluaciones (O-I y P-V) se realizaron de acuerdo con el desarrollo de las plantas. Para el control de plagas, principalmente el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.), se realizaron tres aplicaciones de insecticida Denim® 19CE (ingrediente activo Benzoato de emamectina: Benzoato 4-epimetilamino-4-desoxiavemectina B1a) a una dosis de un mililitro de insecticida por un litro de agua, la primera a los 25 días después de la germinación, posteriormente las otras dos aplicaciones se realizaron a los 30 y 45 días posteriores. Las cosechas se realizaron el día 13 de junio de 2020 en Güémez, el 17 y 31 de octubre de 2020 en las localidades de San Isidro y el Paraíso respectivamente, después de que las poblaciones llegaron a su madurez fisiológica, se cosecharon y se registró el peso en campo.

El estudio se realizó bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones, dando un total de 30 unidades experimentales.

### Variables evaluadas

Para la obtención de datos fenotípicos, morfológicos y de rendimiento de grano de las poblaciones de maíz evaluadas en campo, se seleccionaron ocho plantas de cada unidad experimental para medir las variables: caracteres vegetativos y fenológicos: altura de planta (APt), altura de mazorca (Amz), floración femenina (Dff), longitud del tramo ramificado (LTREs) y número de espigas (NRPEs); caracteres de mazorca: número de hileras de la mazorca (NHilMz), número de granos de la mazorca (Ghil), longitud de la mazorca (LMz), peso de grano de la mazorca (PGMz), porcentaje de grano de la mazorca (PocGMzc) y peso de olote (Polt); Caracteres de grano: longitud de grano (LGr), espesor de grano (EGr), peso de 100 granos (P100 Gr) y volumen de 100 granos (V100Gr). Para el cálculo de rendimiento grano (REND) se estimó al 21% de humedad (kg ha<sup>-1</sup>) con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (PC\% \times MS\% \times G \times FC) / \text{porcentaje de humedad}(21\%)$$

Donde: PC = peso de mazorcas cosechadas (kg) en la unidad experimental, % MS = por ciento de materia seca de una muestra de grano de ocho mazorcas recién cosechadas, % G = porcentaje de grano estimado a partir de ocho mazorcas, FC = factor de conversión para obtener el rendimiento de grano por ha, siendo el cociente de dividir 10 000 m<sup>2</sup> entre el tamaño de la parcela útil en m<sup>2</sup> y porcentaje de humedad estimado con el analizador de humedad comercial. Las características ambientales que se registraron fueron: temperatura mínima (Tmin); temperatura (Tmax); precipitación (Precip); latitud (LN); longitud (LO); altitud (Alt). Además se integraron datos edáficos de cada localidad en la cual se establecieron las evaluaciones, considerando las variables: partículas de tamaño arcilla (Parc), partículas de tamaño limo (Plim), partículas de tamaño arena (Par), pH, conductividad eléctrica (C.E.), relación de adsorción de sodio (RAS), materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt), fósforo extractable (Pext), potasio intercambiable (Poi), hierro extractable (Feext), zinc extractable (Znext) y carbonatos totales (CT) las cuales fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

### Análisis estadísticos

Con base en los promedios de cada una de las unidades experimentales de las tres localidades, se realizó un análisis de varianza combinado a través de localidades para las variables, días a floración

femenina, altura de planta y rendimiento de grano mediante el procedimiento PROC GLM del programa SAS v. 9.0. (SAS 2002), solo se utilizaron estas tres variables por considerarlas de mayor aporte agronómico a la raza estudiada.

Para el análisis de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y sus gráficas biplot se realizaron con el paquete computacional R, se utilizaron los promedios de las variables morfológicas y de rendimiento de grano de cada tratamiento por localidad asociándolas con las variables eco-geográficas con el fin de analizar la adaptabilidad y estabilidad de los tratamientos por cada localidad de evaluación. Para el análisis de mínimos cuadrados parciales (PLS) las variables morfológicas fueron considerados como la matriz de variables respuesta (X) teniendo información de  $p$  características y las variables ambientales como la matriz de variables predictoras (Y) describiendo  $q$  propiedades. Ambas matrices se centraron y fueron modeladas mediante variables latentes con base al siguiente modelo de regresión:

$$X = TPT + EXyY = UQT + EY$$

## RESULTADOS

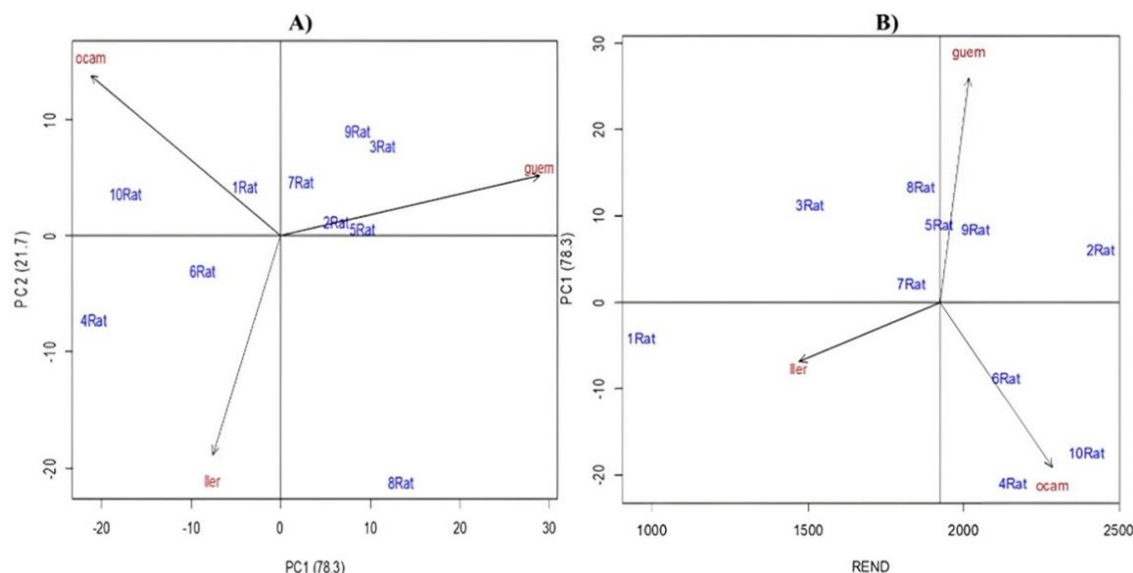
### **Análisis de varianza de floración femenina, altura de planta y rendimiento de grano**

Se encontraron efectos significativos ( $p \leq 0.01$ ) para los días a floración femenina entre poblaciones, localidades y la interacción localidad  $\times$  población, mismo comportamiento que pudo observarse en la altura de planta. Para la variable rendimiento de grano en las localidades y por poblaciones se presentaron diferencias significativas, del lado contrario para la interacción localidad  $\times$  población no se localizaron efectos significativos.

La población 2Rat mostro mejor estabilidad en cada sitio de evaluación; en particular presentando rendimientos de 2 285.1 kg ha<sup>-1</sup>, en la localidad de San Isidro, Ocampo; 2 017.7 kg ha<sup>-1</sup> en Güémez y 1 471 kg ha<sup>-1</sup> en la localidad de el Paraíso. Se encontraron intervalos de días a floración femenina para cada localidad: Güémez 75 a 61 días, San Isidro 57 a 66 días y para el Paraíso siendo esta la localidad con el ciclo de cultivo más precoz se registraron valores de 50 a 57 días a floración. Para la altura de planta de las tres localidades se estimó el promedio de cada una, para Güémez 195 cm la cual se determinó como la localidad con las plantas de menor tamaño, seguida de San Isidro con 234 cm y por último el Paraíso con 256 cm siendo la localidad que presentó la mayor altura de plantas, con base en esto se encontró que los maíces pertenecientes a la raza Ratón pueden presentar una altura promedio de 230 cm por planta.

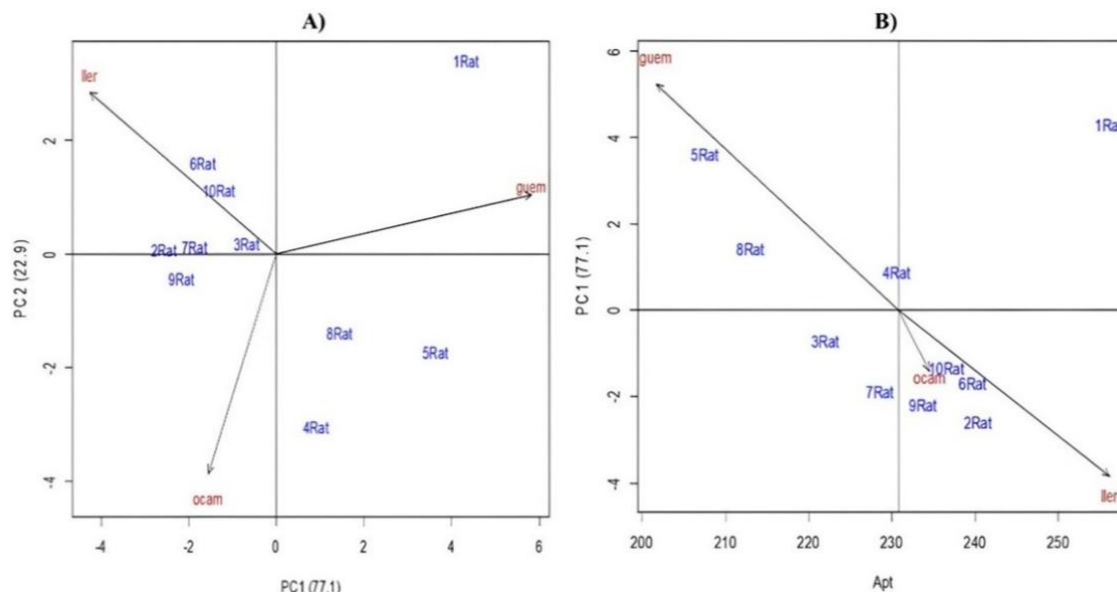
El análisis de varianza AMMI para la variable rendimiento de grano mostró que se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) dentro de las localidades y poblaciones, a excepción de la interacción localidad  $\times$  población ( $p \geq 0.01$ ), demostrando que las poblaciones presentaron rendimientos de grano similares sin ser afectados por el ambiente o localidad de donde fueron establecidos. Mediante el modelo biplot se consideraron los componentes principales (CP) uno y dos que explicaron el 78.3 y 21.7% de la varianza total de la interacción genotipo ambiente (Figura 1A), por lo tanto, se consideraron que los tratamientos más cercanos al punto de origen presentaron interacción homogénea dentro de las localidades. Las poblaciones: 1Rat, 2Rat, 5Rat y 7Rat se

consideraron como estables al obtener un comportamiento similar dentro de las localidades. En la Figura 1B correspondiente al CP1 y la variable rendimiento de grano se identificaron las poblaciones que obtuvieron los mejores rendimientos, al obtener un rendimiento por encima de la media con interacción positiva se posicionaron las poblaciones 2Rat y 10Rat con 2 441.05 kg ha<sup>-1</sup> y 2 394.37 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 1.** (A) Biplot de 10 poblaciones con relación a los componentes principales uno y dos. (B) Representación gráfica del CP1 en función del rendimiento de grano de 10 poblaciones de maíz de la raza Ratón. Letras azules indican los tratamientos, letras rojas indican localidades.

El análisis de varianza AMMI para la variable altura de planta se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en las localidades, poblaciones y la interacción localidad  $\times$  población, lo que indica que las poblaciones se expresaron de manera diferente en los tres sitios de estudio y el comportamiento totalmente variado debido a las condiciones del ambiente de los sitios en donde se establecieron. Con una tendencia más cerca al centro de origen y menos influenciadas por la interacción localidad  $\times$  población (Figura 2A) se identificó a la población 3Rat al expresarse homogéneamente dentro de las tres áreas de estudio para la variable altura de planta con 221.99 cm. En la Figura 2B correspondiente al CP1 y la variable altura de planta se identificó la población 1Rat que presentó la mayor altura de planta con 256.04 cm. Las poblaciones 2Rat, 4Rat, 6Rat, 7Rat, 9Rat y 10Rat se consideraron de comportamiento similar con valores de: 240.29 cm, 230.51 cm, 239.72 cm, 228.54 cm, 233.70 cm y 233.19 cm. Las poblaciones 5Rat y 8Rat registraron los valores mínimos de altura de planta con cifras de 207.55 cm y 213.10 cm, respectivamente.

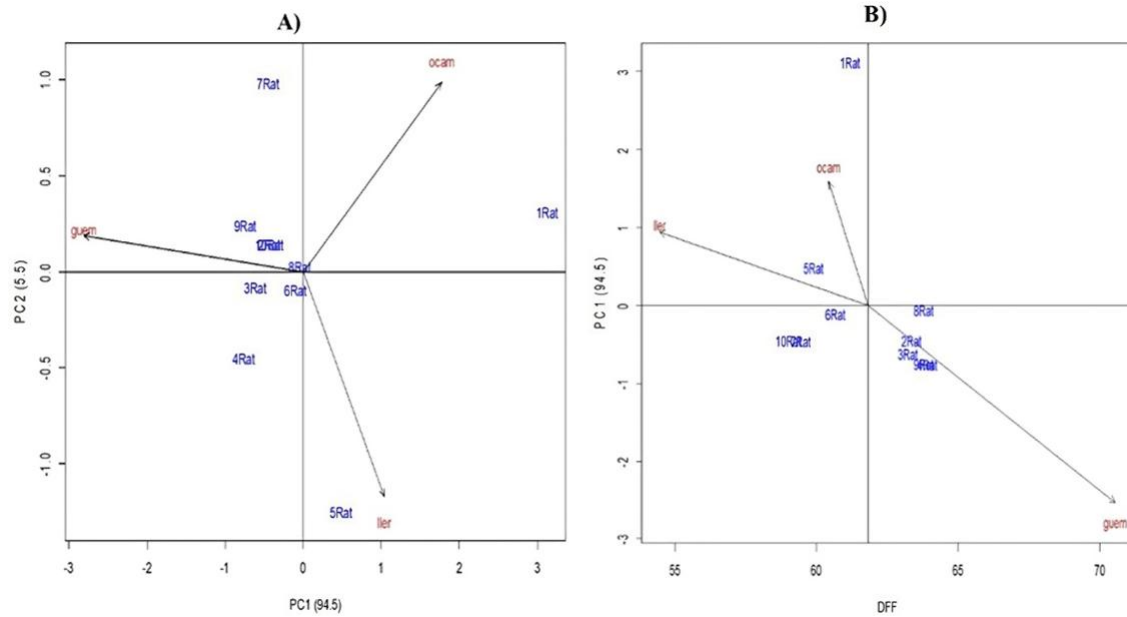


**Figura 2A.** Biplot de 10 poblaciones con relación a los componentes principales uno y dos. (2B) Representación gráfica del CP1 en función de altura de planta de 10 poblaciones de maíz de la raza Ratón. Letras azules indican los tratamientos, letras rojas indican localidades.

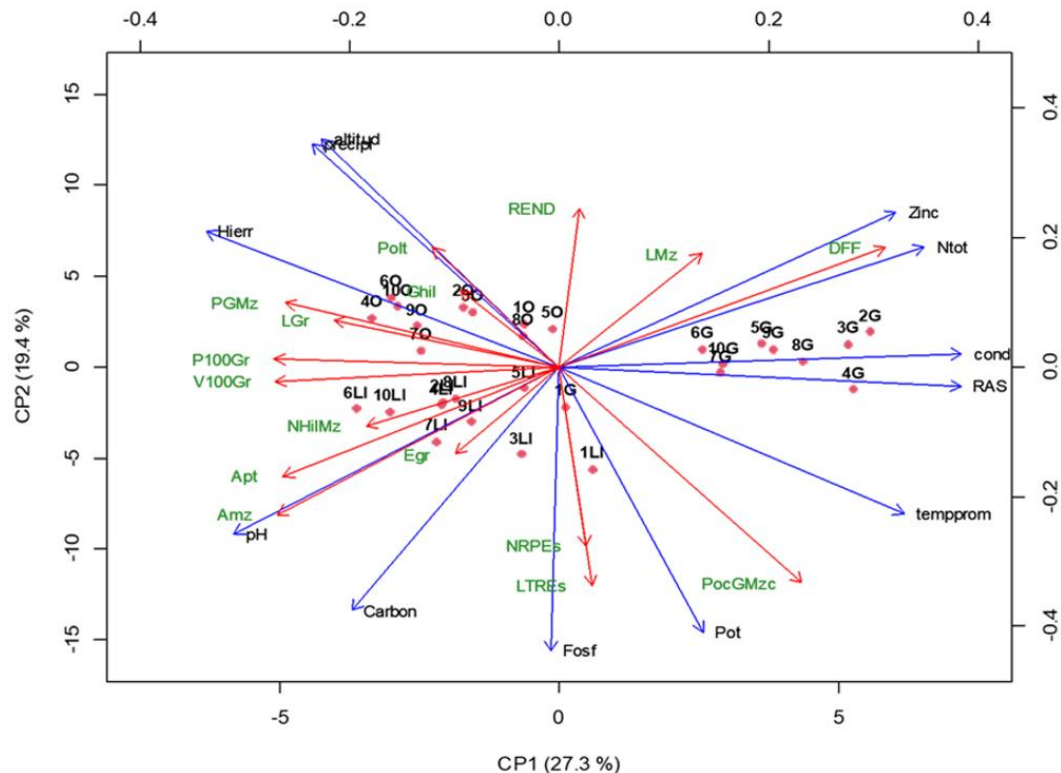
En el análisis de varianza AMMI para floración femenina se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) por ende, las poblaciones presentaron el mismo comportamiento dentro de las tres localidades evaluación. Se identificaron con menos repercusión por la interacción localidad  $\times$  población sobre la variable días a floración femenina (Figura 3A) las poblaciones 6Rat y 8Rat se consideraron como estables al presentar el mismo comportamiento dentro de los tres sitios de evaluación con 60 y 64 días a floración femenina. En la Figura 3B correspondiente al componente principal y la variable días a floración femenina se identificaron las poblaciones con los valores inferiores sobre esta característica: 2Rat, 3Rat, 4Rat, 8Rat y 9Rat las cuales presentaron 63, 63, 63, 64 y 64 días a floración femenina respectivamente. Consecutivamente, las poblaciones 1Rat, 5Rat, 6Rat, 7Rat y 10Rat obtuvieron los menores días a floración con 61, 60, 61, 59 y 59 días.

### Análisis de mínimos cuadrados parciales

Se muestra el análisis de regresión de mínimos cuadrados parciales de los 10 tratamientos para las tres localidades de evaluación (Figura 4), como se observa cada localidad se agrupo en base a sus variables que más dominaron. Para la localidad de San Isidro la altitud y precipitación fueron las variables más favorables para esta localidad ya que por su ubicación esta presenta mayor precipitación lo cual favoreció al ciclo de desarrollo de cultivo, y se reflejó directamente en el rendimiento de grano siendo la localidad con los valores inferiores a las demás. En la localidad de Güémez los días a floración femenina fue la variable que más impacto mostro, ya que al ser la localidad con los tratamientos con más días a floración resulto ser la más tardía, debido a que la cantidad de Zinc estuvo presente en mayores cantidades al igual que el nitrógeno. Por último, en la localidad de el Paraíso la variable altura de planta resalto debió a que fue el sitio con las plantas de mayor tamaño dentro de los tres sitios de evaluación al tener una asociación con el pH el cual influye en la absorción de los nutrientes por la raíz de forma óptima.



**Figura 3A.** Biplot de 10 poblaciones con relación a los componentes principales uno y dos. (3B) Representación gráfica del CP1 en función de días a floración femenina de 10 poblaciones de maíz de la raza Ratón. Letras azules indican los tratamientos, letras rojas indican localidades.



**Figura 4.** Interacción de 10 poblaciones nativas de maíz, en 12 variables eco-geográficas, contra una matriz de 16 variables vegetativas y fenológicas en tres ambientes de evaluación.

## DISCUSIÓN

### **Análisis de varianza de floración femenina, altura de planta y rendimiento de grano**

El comportamiento del rendimiento de grano de las poblaciones nativas de la raza Ratón es a causa de una distribución amplia y su comportamiento agronómico lo que les facilita adaptación a diversos ambientes que no intervienen en su crecimiento, además se desarrollan adecuadamente y por consecuencia presentan rendimiento de grano considerables (Nájera-Calvo *et al.* 2010). Los rendimientos grano obtenidos de las mejores dos poblaciones resultaron inferiores a los reportados por Toribio-Solis *et al.* (2022) en condiciones similares de temperatura máxima de 35 °C y precipitación de 750 mm de los meses de junio a diciembre presentaron rendimientos de 2 800 kg ha<sup>-1</sup>. Los rendimientos de grano de las mejores poblaciones superaron el rendimiento promedio estatal bajo condiciones de temporal de 1 350 kg ha<sup>-1</sup> (SADER 2019), por lo tanto, se demuestra que existen poblaciones con potencial de rendimiento de grano aun siendo de ciclo precoz.

La altura de planta dentro de los tres sitios de evaluación presentó un promedio de 230 cm, Pecina-Martínez *et al.* 2009 reportan que para Tamaulipas alturas superiores a 232 cm se consideran como un atributo indeseable debido a que se asocia directamente con el acame de la planta. Así mismo Rangel-Lucio *et al.* (2021) describe a la altura de planta como uno de los caracteres de mayor aportación en la variabilidad fenotípica. Mientras que Hernández *et al.* (2018) mencionan que esta variabilidad es el resultado de la interacción entre la variabilidad genética y las condiciones ambientales en donde se establecen. Por otra parte, los resultados de esta investigación difieren a los reportados por Godina-Rodríguez *et al.* (2020) donde menciona que las poblaciones de la raza Ratón pueden expresar alturas de 180 cm que resultan superiores a materiales híbridos evaluados bajo las mismas condiciones, cabe resaltar que estos resultados pueden ser atribuidos a las condiciones climatológicas semiáridas en donde se realizó dicha evaluación. Los resultados obtenidos hacen referencia a los procesos de selección y mejoramiento que implementan los agricultores basándose en criterios propios y por consecuencia presentar características similares a un híbrido (González-Martínez *et al.* 2019).

Los días a floración femenina dependen de factores de precipitación, temperatura y evapotranspiración (Leyva *et al.* 2020), para el caso de este estudio las fechas de siembra en las localidades de San Isidro y el Paraíso de los municipios de Ocampo y Llera de Canales coinciden con las establecidas en el estudio de Ruiz-Corral *et al.* (2013) donde se menciona que si se establecen entre los meses de julio a septiembre el déficit hídrico será de mayor severidad al final del ciclo de madurez sin verse afectados los periodos de floración, además en la evaluación realizada por Pecina-Martínez *et al.* (2009) menciona que los días a floración femenina muestran cambios importantes de un ambiente a otro, por lo que podrían ser considerados como indicadores importantes de efectos ambientales sobre poblaciones introducidas y que aún no logran adaptarse en su totalidad, así mismo Nájera-Calvo *et al.* (2010) indican que el comportamiento de las poblaciones de maíces nativos depende en su totalidad de los escenarios ambientales en los que se establecen. Los intervalos de días a floración femenina obtenidos de manera general para los tres sitios de evaluación dentro de este estudio fueron de 50 a 75 días, al respecto se reporta que poblaciones de la raza Ratón en los Valles Altos de México presentaron 72 días a floración femenina (Hernández-Casillas y Esquivel-Esquivel 2004), dicho valor resulta superior a los promedios

registrados en los tres sitios de evaluación por consecuencia si se añaden caracteres de interés pueden explotar características sobresalientes que pueden ser usadas en estos en procesos de mejoramiento.

### **Análisis de mínimos cuadrados parciales**

En las variables ambientales se encontró una relación entre las precipitaciones anuales y los rendimientos de grano, lo cual garantiza que junto a un adecuado suministro de nutrientes y labores de atención al cultivo se presentara una estabilidad en su producción de grano (Bustamante-González *et al.* 2015). El zinc y el nitrógeno al encontrarse en mayores cantidades en el suelo presentan efectos negativos directamente a los días a floración femenina debido a que hacen que las plantas crezcan a mayor dimensión y por ende sus días a floración sean más tardíos (Manthey *et al.* 1994, CIMMYT 2020). Por último, Prasad y Power (1997) mencionan que el pH de los suelos agrícolas oscila entre 6.5 y 7.0 lo cual favorece para obtener mejores rendimientos de grano y la capacidad de absorber de forma eficiente los nutrientes.

## **CONCLUSIONES**

La población 2Rat resulto ser la más rendidora de los 10 tratamientos, cabe resaltar que no tuvo asociación con la altura y días a floración. La población 10Rat mostro relación entre las variables días a floración femenina y rendimiento ya que esta al ser la más precoz y ser la segunda más rendidora puede ser propuesta como opción de cultivo para las localidades de cultivos de temporal, en cuanto a la población 1Rat esta resulto ser la menos rendidora y presento la mayor altura de todas las poblaciones dentro del sitio de evaluación. Cada una de las localidades de evaluación fue favorecida por ciertas variables para su desarrollo, en San Isidro la altitud y precipitación favorecieron directamente al desarrollo completo del cultivo favoreciendo directamente al rendimiento de grano. Los días a floración femenina en Güémez se vieron reflejados directamente al obtener las poblaciones más tardías a causa de las grandes concentraciones de zinc y nitrógeno dentro de los suelos.

## **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## **LITERATURA CITADA**

Bustamante-González C, Pérez A, Rivera R, Martín GM, Viñals R (2015) Influencia de las precipitaciones en el rendimiento de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivado en suelos Pardos de la región oriental de Cuba. Cultivos Tropicales 36(4): 21-27.

- CIMMYT (2020) La importancia del nitrógeno en los cultivos y cómo optimizar su aplicación. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://idp.cimmyt.org/laimportancia-del-nitrogeno-en-los-cultivos-y-como-optimizar-su-aplicacion/>. Fecha de consulta: 15 mayo de 2022.
- Godina-Rodríguez JE, Garay-Martínez JR, Mendoza-Pedroza SI, Joaquín-Cancino S, Rocandio Rodríguez M, Lucio-Ruiz F (2020) Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(24): 59-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2358>.
- González-Martínez J, Rocandio-Rodríguez M, Chacón-Hernández JC, Vanoye-Eligio V, Moreno-Ramírez YR (2018) Distribución y diversidad de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el altiplano de Tamaulipas, México. *Agroproductividad* 11(1): 124-130.
- González-Martínez J, Rocandio-Rodríguez M, Contreras-Toledo AR, Joaquín-Cancino S, Vanoye-Eligio V, Chacón-Hernández JC, Hernández-Bautista A (2020) Diversidad morfológica y agronómica de maíces nativos del altiplano de Tamaulipas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43(4): 361-370. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.361>
- González-Martínez J, Vanoye-Eligio V, Chacón-Hernández JC, Rocandio-Rodríguez M (2019) Diversidad y caracterización de maíces nativos de la Reserva de la Biósfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. *CienciaUAT* 14(1): 6-17. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1246>
- Guzzon F, Arandia LW, Caviedes MG, Céspedes M, Chávez A, Muriel J, Medina AE, Jara TW, Molnar TL, Narro LA, Narro TP, Mejía SL, Ospina JG, Vázquez G, Preciado RE, Zambrano JL, Palacios N, Pixley KV (2021) Conservation and use of Latin American maize diversity: Pillar of nutrition security and cultural heritage of humanity. *Agronomy* 11 (1): 2-22. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010172>
- Hernández VS (2018) El chile silvestre, ecología, evolución y genética. Primera Edición. Editorial del Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 158p.
- Hernández-Casillas JM, Esquivel-Esquivel G (2004) Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(1): 27-27. [https://doi.org/10.35196/rfm.2004.Especial\\_1.27](https://doi.org/10.35196/rfm.2004.Especial_1.27)
- Hernández-Vázquez B, Mendoza-Castillo M del C, Castillo-González F, Pecina-Martínez JA, Delgado-Alvarado A, Lobato-Ortiz R, García-Zavala JJ (2018) Valoración agromorfológica de germoplasma de maíz amarillo en valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41(4): 393-402. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.393-402>
- León-Rojas GI, Rodríguez-Soto C, Padilla-Loredo S (2020) La conservación in situ del frijol criollo: construyendo soberanía alimentaria en el sureste del Estado de México. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana* 9: 125-141. <https://doi.org/10.35600.25008870.2020.9.00159>
- Leyva-Trinidad DA, Pérez-Vázquez A, Bezerra-da Costa I, Formighieri-Giordani RC (2020) El papel de la milpa en la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de Ocotlán Texizapan, Veracruz, México. *Polibotánica* 50 (25): 279-299. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.16>
- López-Morales F, Vázquez-Carrillo MG, García-Zavala JJ, López-Romero G, Reyes-López D, Molina-Galán JD (2019) Estabilidad y adaptación del rendimiento y calidad de tortilla en maíz Tuxpeño, Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(8): 1809-1821. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1851>
- Manthey J, Crowley DE, Luster, GD (1994) Biochemistry of metal micronutrients in the rhizosphere. 1a edition. CRC Press. Boca Raton, USA. 372p.
- Nájera-Calvo LA, Rincón-Sánchez F Ruiz-Torres NA, Castillo-González F. (2010) Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 31-36. [https://doi.org/10.35196/rfm.2010.Especial\\_4.31](https://doi.org/10.35196/rfm.2010.Especial_4.31)

- Pecina-Martínez JA, Mendoza-Castillo MC, López-Santillán JA, Castillo-González F, Mendoza-Rodríguez M (2009) Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia* 43(7): 681-694.
- Prasad R, Power FJ (1997) *Soil fertility management for sustainable agriculture*. 1a edition. CRC Press. Boca Raton, USA. 384p.
- Rangel-Lucio JA, Santacruz-Várela A, Córdova-Téllez L, García-Rodríguez JG, Cervantes-Ortíz F, Vaquera-Huerta H, Cuenca-Salgado JA (2021) Adaptación y selección de maíces nativos en la región del bajío de México por su caracterización morfológica. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44(2): 241-250. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.241>
- Ruiz-Corral JA, Sánchez-González JJ, Hernández-Casillas JM, Willcox MC, Ramírez-Ojeda G, Ramírez-Díaz JL, González-Eguiarte DR (2013) Identificación de razas mexicanas de maíz adaptadas a condiciones deficientes de humedad mediante datos biogeográficos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(6): 829-842. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1152>
- SADER (2019) *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2025.
- SAS (2002) *SAS/STAT User's Guide, Software Version 9.0*. Cary, N.C., USA. 4424p.
- Serna-Lagunes R, Andrés-Meza P, Leyva-Ovalle OR, Del Rosario-Arellano JL, Merino-Valdes M, Murguía-González J (2020) Ecological niche of semidomesticated populations of *capsicum pubescens* ruiz & pav. based on accessions from Veracruz, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43(4): 389-397. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.389>
- Toribio-Solís VM, Castillo-Guillén MA, Rocandio-Rodríguez M, Moreno-Ramírez YR, Delgado-Martínez R, Chacón-Hernández JC (2022) Potencial agronómico de poblaciones sobresalientes de la raza Ratón evaluadas en condiciones de secano en el sur de Tamaulipas. *Universitas Agri* 1(1): 30-39. <https://doi.org/10.59741/agri.v1i1.4>