

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Caracterización Morfológica De Una Población De Maíz De La Raza Tuxpeño De La Localidad De San Martín De Las Vacas, Ramos Arizpe, Coahuila

Por:

MIGUEL ANGEL AVILA CURIEL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Caracterización Morfológica De Una Población De Maíz De La Raza Tuxpeño De La Localidad De San Martín De Las Vacas, Ramos Arizpe, Coahuila

Por:


MIGUEL ANGEL AVILA CURIEL

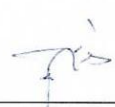
TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Norma Angélica Ruiz Torres
Asesor Principal


Dr. Froylán Rincón Sánchez
Coasesor


Dr. Francisco J. Sánchez Ramírez
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021



Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Miguel Angel Avila Curiel

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Gracias por la vida, salud, sabiduría y conocimiento. Por guiarme por el camino correcto para continuar con mis estudios, y para poder lograr mis metas.

A mi “Alma Mater” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por haberme abierto las puertas de sus instalaciones, cobijarme durante mi estancia en ella y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A la Dra. Norma Angélica Ruiz Torres. Mi más grande agradecimiento por todo su apoyo, por brindarme sus conocimientos, tiempo y paciencia para la realización del presente trabajo de tesis y así concluir con una etapa de mis estudios profesionales. Muy agradecido por todo el apoyo brindado.

Al Dr. Froylán Rincón Sánchez. Por su amistad y brindarme sus conocimientos, experiencia en campo y por formar parte de este trabajo en mi formación profesional.

Al Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez. Por su gran colaboración para la culminación del presente proyecto.

A mis maestros. Por haberme brindado los conocimientos en cada una de las aulas, por la motivación para concluir con la carrera.

A mis amigos. Les agradezco por brindarme su amistad a lo largo del desarrollo profesional y por los momentos compartidos.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Andres Avila Curiel y María Cristina Curiel Curiel

Les dedico este trabajo con mucho amor y cariño, gracias por darme la vida, por sus buenos consejos y regaños. Gracias por brindarme la oportunidad de seguir estudiando y por apoyarme en todo momento durante esta etapa de mi formación. Los quiero mucho.

A mis hermanos:

Nayeli Deysi Avila Curiel y Luis Gael Avila Curiel

Por brindarme su apoyo moral durante mis estudios, por los buenos momentos vividos y por confiar en mí.

A mis abuelos paternos:

Miguel (†) y Maximina (†)

Gracias por sus grandes consejos que me brindaron en vida, por los momentos vividos, por todo el apoyo y cariño.

A mis abuelos maternos:

Juan sabino y Reynalda

Muchas gracias por sus motivaciones y consejos para seguir estudiando, por todo el apoyo y cariño incondicional brindado durante toda mi vida. Los quiero y admiro mucho.

A toda mi familia:

Padrinos, madrinas, tíos, tías, primos, primas, por brindarme su apoyo en todo momento durante mi formación en la universidad.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Diversidad genética de los maíces nativos	3
Caracterización con base a variables de la planta y mazorca	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Material genético.....	8
Ubicación del experimento	8
Variables evaluadas.....	8
Datos sobre la planta.....	9
Datos sobre la mazorca.....	9
Datos del grano	10
Análisis de la información.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables agronómicas de las familias evaluadas en General Cepeda, Coah. en 2020.	13
Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables determinadas de la caracterización varietal de las familias evaluadas en General Cepeda, Coah. en 2020.	13
Cuadro 3. Comparación de medias de variables agronómicas evaluadas en General Cepeda, Coah. en 2020.	16
Cuadro 4. Comparación de medias de variables morfológicas evaluadas en laboratorio en mazorcas de la raza Tuxpeño.	18
Cuadro 5. Coeficientes de correlación Pearson de componentes del rendimiento de maíz de la raza Tuxpeño.	21

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo nativo de México, presenta amplia diversidad genética, expresada por los diversos grupos raciales adaptados a las diferentes condiciones ecológicas, razón por la cual se reconoce al país como el Centro de Origen y Diversificación de esta especie. El objetivo de este trabajo fue caracterizar 25 familias de hermanos completos (FHC) de una población de maíz de la raza Tuxpeño, nativo de San Martín de las Vacas, Ramos Arizpe, Coahuila. La evaluación de las FHC se llevó a cabo en el ciclo PV de 2020, bajo un diseño de bloques al azar, en la localidad de General Cepeda, Coahuila. Se evaluaron las siguientes variables agronómicas: Rendimiento (REND), floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), mala cobertura (MCOB) y prolificidad (PRO). En laboratorio se caracterizaron mazorcas determinando: número de hileras (HIL), granos por hilera (GHIL) longitud de mazorca (LMAZ), diámetro de mazorca (DMAZ), longitud de mazorca (LMAZ), longitud de grano (LG), ancho de grano (AG), espesor de grano (EG), diámetro de olote (DOLO), y peso de mil semillas (PMS). En el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) entre FHC para las variables FM, FF, MCOB, y $P \leq 0.05$ para AP y AM. En la caracterización de mazorcas, los cuadrados medios del análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para AG, y $P \leq 0.05$ para DMZ, DOLO y PMS. De acuerdo con la comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$), se obtuvo que las FHC presentaron un REND en un rango de 7.70 (TSMW#22) a 3.82 t ha^{-1} (TSMW24), con una media de 5.66 t ha^{-1} . En la variable FM se observó una media de 73.53 días, mientras que la FF presentó una media de 75.88 días, es decir, una diferencia en promedio de 2.35 días entre FF y FM. En las variables APTA y de AMAZ, la FHC TSMW#16 obtuvo los valores más altos con 274.50 cm y 175.50 cm, respectivamente. Por el contrario, la familia TSMW#24 presentó la menor APTA con 222.0 cm. La AMAZ más baja se observó en la familia TSMW#5, con 121.00 cm. La variable MCOB presentó una media general de 31.90 %, mientras que la FHC TSMW#12 mostró 87.63 % y la TSMW#11 presentó 0 %.

En cuanto a la variable PRO, se obtuvo una media de 1.01 %, y un rango de 0.91 a 1.11 %. Con relación a variables determinadas en mazorcas, HIL y GHIL mostraron medias de 14.84 y 27.88, respectivamente. Para la variable LMAZ, el mayor promedio lo obtuvo TSMW#23 con 15.70 cm, y el menor TSMW#24 con 11.30 cm. Para la variable DMAZ se obtuvo una media de 4.38 cm. Las dimensiones del grano (LMG, AMG y EMG) mostraron valores muy similares dentro de cada variable. En la variable DOLO se presentaron valores contrastantes, dos de las FHC sobresalen estadísticamente con 3.10 cm (TSMW#12) y 3.12 cm (TSMW#8), otras tres FHC presentaron los diámetros más bajos (TSMW#15 con 2.36 cm, TSMW#3 con 2.40 cm, y TSMW#24 con 2.41 cm). En la variable PMS las poblaciones que tuvieron un mejor promedio fueron TSMW#23 con 275.5 g y TSMW#6 con 276 g, en comparación con la media general (215.90 g). Los resultados indican variabilidad entre FHC para caracteres agronómicos y morfológicos, reflejando la variación genética dentro de la población de la raza Tuxpeño, de la localidad de San Martín De Las Vacas, Ramos Arizpe, Coahuila.

Palabras clave: Adaptabilidad, caracteres agronómicos, variabilidad genética.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo nativo de México y presenta la mayor diversidad genética, expresada por los diversos grupos raciales adaptados a las diferentes condiciones ecológicas, razón por la cual se reconoce al país como el Centro de Origen y Diversificación de esta especie (Kato *et al.*, 2009).

En México, el maíz se cultiva en la mayoría de los estados y en una amplia gama de condiciones climáticas, desde el nivel del mar hasta altitudes que rebasan los 2,500 msnm. Sin embargo, el 80% de las siembras se realizan bajo condiciones de temporal, y en esta superficie se establecen materiales adaptados o poblaciones nativas, desarrollados por los agricultores a través de múltiples ciclos o generaciones de selección empírica. Datos de trabajos realizados años anteriores, indican que el 76.5% de los productores de maíz utilizan semilla nativa, la cual seleccionan de su cosecha (Herrera *et al.*, 2002). No obstante, en regiones con agricultura campesina típica, el uso de semilla nativa varía de 80 a 100%.

Aguirre *et al.*, (2011) realizaron un estudio sobre la situación del maíz en el sureste de Coahuila, encontrando que 88.5 % de los agricultores conservaban parte de su producción para usarla como semilla para siembra en el siguiente ciclo de cultivo, esta información permite reconocer la relevancia de este cultivo.

Con relación al estado de Coahuila, Rincón *et al.* (2010a) indican que la diversidad de maíz, con base en los grupos raciales, está integrada por: Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño. También mencionan que en Coahuila se han recolectado poblaciones nativas de maíz en 23 de los 38 municipios, desde los 248 msnm en el municipio de Jiménez, hasta los 2557 msnm en Mesa de las Tablas, Arteaga.

En el presente trabajo se realizó la descripción varietal de familias de hermanos completos de maíz de la raza Tuxpeño, con base a caracteres de las mazorcas de plantas obtenidas de colectas procedentes de San Martín de las Vacas, Ramos Arizpe, Coah., y evaluadas en la localidad de General Cepeda, Coahuila, durante el ciclo PV-2020.

Objetivo general

Caracterizar el comportamiento agronómico y morfológico de 25 familias de hermanos completos (FHC) de la raza Tuxpeño, derivadas de una población nativa colectada en San Martín de las Vacas, Ramos Arizpe, Coah. y evaluadas en la localidad de General Cepeda, Coah.

Hipótesis

Hi: Las FHC de la raza Tuxpeño evaluadas en General Cepeda, Coah., presentan variación fenotípica en cuanto a variables agronómicas y morfológicas.

Ho: Las FHC de la raza Tuxpeño evaluadas en General Cepeda, Coah., no presentan variación fenotípica en cuanto a variables agronómicas y morfológicas.

REVISIÓN DE LITERATURA

México se caracteriza por presentar condiciones orográficas muy variadas, cuya interacción con los factores climáticos ha generado una amplia diversidad ambiental y nichos ecológicos. De los cultivos cuyo Centro de Origen y Diversidad es México, el maíz (*Zea mays* L.) es el de mayor importancia a escala nacional y mundial, tanto por la superficie sembrada como por el volumen de producción (FAO, 2021), y su diversidad de usos (CONABIO, 2008).

El maíz en México se cultiva en un extenso rango de altitudes y variación climática, se siembra en zonas tropicales con escasa precipitación, en regiones templadas, en las faldas de las montañas, en ambientes muy cálidos y húmedos, en escaso suelo, en pronunciadas laderas o en amplios valles fértiles, en diferentes épocas del año y bajo múltiples sistemas de manejo y desarrollo tecnológico (CONABIO, 2011; Hernández, 1985).

Diversidad genética de los maíces nativos

Los primeros trabajos de recolección sistemática de los maíces nativos en México se realizaron en la década de los cuarenta del siglo pasado, lo cual fue la base para la publicación del documento Razas de Maíz en México (Wellhausen *et al.*, 1951), donde se describieron las primeras 25 razas de maíz. A partir de esos trabajos, la recolección y estudio de la diversidad del maíz se ha realizado por diversas instituciones, de tal manera que en la actualidad existe un registro de 64 razas de maíz reportadas en México (CONABIO, 2020).

En América Latina se han descrito cerca de 220 razas de maíz (Goodman y McKBird, 1977). López *et al.* (2005) mencionan que la diversidad del maíz (*Zea mays* L.) ha sido objeto de estudio con diversos propósitos, siendo uno de éstos conocer la variabilidad y plantear su clasificación en razas. Una raza puede definirse como un conjunto de poblaciones con cierto grado de semejanza, adaptadas a una

región ecológica. La clasificación del maíz debe realizarse integrando múltiples características, principalmente de tipo reproductivo.

Caracterización con base a variables de la planta y mazorca

Núñez-Colín y Escobedo-López (2015) indican que los trabajos de caracterización permiten entre otros aspectos, precisar y cuantificar qué tan variable es un recurso fitogenético, aspecto clave para la gestión de programas de mejoramiento o de conservación *in situ* y *ex situ* de dicho recurso.

Los diversos trabajos de exploración y recolección de maíces en Coahuila indican la presencia de poblaciones representativas de las razas Tuxpeño (Wellhausen *et al.*, 1951); Ratón y Tuxpeño Norteño (Ortega, 1985); Celaya, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Olotillo, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño (Rincón *et al.*, 2010a).

En el estudio de la diversidad del maíz de Coahuila (Rincón *et al.*, 2010), se encontró un continuo de variación entre las poblaciones de las razas Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño (forma de mazorca cilíndrica), adaptadas a condiciones ecológicas por debajo de los 1 800 msnm. También se encontró una variación amplia entre las poblaciones de los tipos cónicos, adaptados a las áreas de transición y altura (superior a 1 800 msnm).

Ángeles *et al.* (2010) realizaron una investigación acerca de la caracterización y rendimiento de poblaciones de maíces nativos, en la cual consideran que las características se dividen en cinco grupos: 1. Caracteres vegetativos: altura de planta, altura de mazorca, número de hojas arriba de la mazorca, número de hojas abajo de la mazorca, largo de hoja de la mazorca, ancho de hoja de la mazorca, diámetro de tallo, total de hojas, índice de altura de mazorca/altura de planta y área de la hoja de la mazorca. 2. Caracteres agronómicos: rendimiento de grano, días a floración masculina y femenina, asincronía floral, cuateo, peso de olote, calificación de mazorca, calificación de planta, número de mazorcas por planta y factor de desgrane. 3. Caracteres de la espiga: longitud del pedúnculo, longitud del tramo ramificado, longitud de la rama central, longitud de la espiga, y número total de

ramas. 4. Caracteres de la mazorca: longitud de mazorca, diámetros de mazorca, olote y raquis, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera. 5. Caracteres de grano: longitud de grano, ancho de grano, grosor de grano y peso de 100 granos.

Ligarreto *et al.* (1998) evaluaron morfológicamente 25 accesiones de maíz de la zona andina, consignadas en el Banco de Germoplasma de ICA-CORPOICA, para lo cual se aplicó una metodología propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), que emplea 27 descriptores relacionados con la planta, la mazorca y el grano. El maíz se sembró en surcos de 10 m de longitud. En cada una de las parcelas se evaluaron 10 plantas en plena competencia para los caracteres varietales en estudio. Las características con mayor contribución a la variación fueron peso de la mazorca, número de granos por 100 gramos, número de granos por hilera, altura de la planta, ancho de la lámina foliar y posición de la mazorca. Del análisis de agrupamientos, realizado mediante gráficas en un plano cartesiano con base en las dos primeras variables canónicas, se pudo inferir que existe diversidad genética en las accesiones de maíz evaluadas, lo cual permitió clasificar las mismas en 7 grupos uniformes según las características morfológicas discriminantes y su lugar de origen.

Herrera *et al.* (2000) caracterizaron 104 colectas, cuantificándoles 59 caracteres morfológicos en cuatro ambientes. Los datos obtenidos se analizaron mediante la estimación de la relación de componentes de varianza. Esto permitió identificar 11 caracteres morfológicos para realizar estudios de la diversidad genética regional; días a la exposición de estigmas, altura de mazorca, proporción de olote en la mazorca, número de ramas de la panícula, diámetro de la mazorca, longitud del grano, volumen de grano, ancho de grano, número de hileras, ancho/longitud de grano y color de grano. Las estructuras reproductivas femeninas parecen ser los criterios morfológicos más importantes para la clasificación racial en maíz, tanto entre razas como dentro de las mismas.

Silva *et al.* (2009) realizaron la caracterización morfológica y agronómica de cinco líneas de maíz amarillo. Estos autores obtuvieron como resultados lo siguiente: las líneas que fueron sembradas en las fechas 19-ene-06 y 03-jul-06, fueron afectadas

en la expresión de sus características y potencial de rendimiento, coincidiendo la primera fecha con el período más seco y la segunda con el período más húmedo; los rendimientos más altos se obtuvieron en la fecha de siembra 7-nov-05. Las variables menos afectadas por la fecha de siembra fueron el número de hileras, número de granos por hileras y diámetro de olote, por lo que la evaluación sería de gran utilidad para caracterizar genotipos y para mejorar el rendimiento de grano en combinaciones híbridas.

Rocandio *et al.* (2014) realizaron un estudio para valorar la diversidad morfológica y agronómica en una muestra de poblaciones de las siete razas de maíz más cultivadas en México, en el cual se establecieron experimentos con 119 accesiones representativas de estas razas, en distintos lugares. El análisis de varianza indicó la existencia de diferencias significativas entre genotipos para las variables 32 variables cuantitativas medidas, de las cuales se seleccionaron 13. Se definieron las variables días a floración femenina, longitud de la rama central de la espiga, hojas arriba de la mazorca, número de hileras de la mazorca, longitud de la mazorca, diámetro/longitud de la mazorca, anchura de grano, peso de 100 granos, anchura/longitud de grano, espesor/longitud de grano, espesor de grano, longitud de grano y peso/volumen de 100 granos, como las más apropiadas para la caracterización racial en maíces.

Pecina *et al.* 2009 realizaron un trabajo para determinar los cambios fenológicos y morfológicos en maíz proveniente de diferentes regiones ecológicas del estado de Tamaulipas. Se evaluaron cuatro grupos de poblaciones nativas de Tamaulipas. Las variables estudiadas fueron días a floración masculina femenina, asincronía floral longitud de entrenudos, para fenología; altura de planta, número de hojas, granos potenciales, hileras por mazorca, granos por hilera, granos totales peso individual de grano para morfología. El grupo de poblaciones del ambiente montañoso de Tamaulipas presentó un comportamiento fenológico morfológico similar al grupo mejorado de los Valles Altos Centrales de México, en los ambientes de Transición y Valles Altos. Las variables días a floración masculina femenina, longitud de entrenudos, granos totales por mazorca, número de hojas totales altura de planta,

mostraron cambios significativos en los ambientes evaluados; por tanto, podrían ser consideradas indicadores de respuesta a los efectos ambientales sobre las poblaciones introducidas.

Pardey *et al.* (2016) mencionan en su investigación que el desempeño y la adaptabilidad de los genotipos criollos con respecto a los mejorados se atribuye a que estos últimos expresan su productividad cuando están bajo condiciones óptimas de fertilización, humedad, manejo agronómico, control de plagas y enfermedades. Por otra parte, los genotipos nativos poseen comportamiento agronómico adaptado al ambiente a causa de la variación intrapoblacional, constitución genética que se puede aprovechar con fines de mejoramiento genético para áreas de su mismo origen. Para promover la conservación *in situ* de los genotipos nativos locales, es necesario conocer la diversidad del maíz y qué mejor si es en las condiciones tradicionales de agricultura.

Según Aramendiz *et al.* (2005), indican que las variedades criollas de maíz que han sido conservadas por los agricultores en los sistemas de producción asociados con la economía campesina poseen alta variabilidad genética como resultado de las mutaciones y la recombinación genética que alimentan la variabilidad y contribuyen a la evolución en sus conjuntos productivos; por esta razón, la FAO señaló que la mayor diversidad genética del maíz se encuentra en el continente americano.

En este trabajo, se presentan resultados de la caracterización con base a mazorcas de poblaciones de la raza Tuxpeño de San Martín de las Vacas, Ramos Arizpe, Coah. La raza de maíz Tuxpeño presenta las siguientes características: mazorcas grandes, cilíndricas, de grano dentado, predominando los colores blancos, pero puede presentar diversos colores. Tiene un alto número de hileras y granos por hilera, lo que la hace una de las razas más productivas de México; presenta muy buena calidad agronómica en planta y resistencia a enfermedades (Wellhausen *et al.*, 1951).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético estuvo constituido por 25 Familias de Hermanos Completos (FHC) derivadas de una colecta de poblaciones de maíz de la raza Tuxpeño, que se llevó a cabo en la localidad de San Martín de las Vacas, Ramos Arizpe, Coahuila. Y posteriormente evaluado en General Cepeda, Coahuila, en 2020.

Ubicación del experimento

La evaluación agronómica de las 25 poblaciones de maíz de la raza Tuxpeño se llevó a cabo en el ciclo PV 2020, en General Cepeda, Coahuila (25° 23' N; 101° 27' W; altitud de 1460 m). Las FHC fueron establecidas en un diseño en bloques al azar, con dos repeticiones. Las dos repeticiones fueron establecidas en dos fechas de siembra: la primera el 18 de julio y la segunda el 25 de julio de 2020. La unidad experimental estuvo determinada por un surco de 4 m, a una distancia de plantas de 0.20 m y distancia entre surcos de 0.80 m. La siembra se realizó en seco, posteriormente se estableció la cintilla para el riego. Se fertilizó con la dosis 120-60-60.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas para realizar la caracterización morfológica se describen a continuación:

Rendimiento (REND): Se obtuvo de multiplicar el valor del peso seco (PS) por un factor de conversión (FC) de la superficie de la parcela experimental a una hectárea. Este valor se multiplicó por el porcentaje de desgrane para obtener el rendimiento de grano.

El **PS** fue estimado multiplicando el peso de campo (PC) por el porcentaje de grano seco.

$$PS = PC \times 1 - \left(\frac{H}{100}\right)$$

El factor de conversión se calculó de la siguiente manera:

$$FC = \frac{100}{85} \times \frac{10000}{APU} / 100$$

Dónde: Área de parcela útil (APU): se calculó como el producto del largo del surco por la distancia entre surcos; 100/85: coeficiente para obtener el rendimiento al 15 % de humedad; 1000: constante usada para calcular el rendimiento en t ha⁻¹; 10000: superficie de una hectárea en m².

Datos sobre la planta

Floración masculina (FM): Se obtuvieron a partir del conteo de los días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que el 50 % de las plantas se encontraban en anthesis.

Floración femenina (FF): Se obtuvieron a partir del conteo de los días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que el 50 % de las plantas presentaron estigmas de más de 1 cm de longitud.

Altura de la planta (APTA): Se midió la longitud desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo muy cerca de la hoja bandera, en cm.

Altura de la mazorca (AMAZ): Se midió la longitud desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior, en cm.

Datos sobre la mazorca

Cobertura de cobertura (MCOB): La mala cobertura de mazorca, fue calculada dividiendo el número de plantas con mala cobertura entre el número de plantas por

unidad experimental, multiplicado por 100. El conteo de plantas con mala cobertura se realizó antes de la cosecha. Se contabilizó las mazorcas que presentaban daños por pudrición, insectos, enfermedades, etc.

Prolificidad (PRO): Se determinó dividiendo el número de mazorcas entre el número de plantas por unidad experimental.

Datos de la mazorca

En laboratorio se realizó la caracterización de mazorcas representativas de cada unidad experimental. En cada mazorca se determinó:

Número de hileras en la mazorca (HIL): Se contabilizó el número hileras en cada mazorca.

Granos por hileras (GHIL): Se contabilizó el número de granos en una hilera completa y representativa en cada mazorca.

Longitud de la mazorca (LMAZ): Se midió la longitud de la base al ápice en la mazorca en cm.

Diámetro de mazorca (DMAZ): Se midió en la parte central de la mazorca con un Vernier, en cm.

Datos del grano

Dimensiones del grano: Se midieron 10 granos consecutivos de una hilera en el punto medio de cada mazorca, para determinar en promedio la longitud de grano (LG), ancho de grano (AG) y espesor de grano (EG), con un calibrador y se expresó en cm.

Diámetro de olote (DOLO): Se midió en la parte central del olote con un Vernier, en cm.

Peso de mil semillas (PMS): Se registró el peso de 1000 semillas mediante una balanza analítica, en g.

Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza y la comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) de las Familias de Hermanos Completos evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza (ANVA) de las variables agronómicas obtenidas en la evaluación en campo. Para la fuente de variación bloques, se observaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), para la variable mala cobertura (MCOB). En cuanto a la fuente de variación familias de hermanos completos (FHC), se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para las variables días a floración masculina (FM), días a floración femenina (FF), MCOB, y $P \leq 0.05$ para altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM).

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios del ANVA para las variables relacionadas con la caracterización morfológica de las mazorcas llevada a cabo laboratorio. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre BLK para longitud de mazorca (LMAZ) y significativas ($P \leq 0.01$) para diámetro de mazorca (DMZ), longitud de grano (LG) y peso de mil semillas (PMS). Por otra parte, en el caso de las FHC, se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) para la variable ancho de grano (AG), y $P \leq 0.05$ para DMZ, diámetro de olote (DOLO) y PMS.

Estas diferencias entre FHC se puede atribuir a que los maíces nativos como la raza Tuxpeño, son usualmente heterogéneos y heterocigotas, desarrollados y conservados por los agricultores a través de múltiples generaciones de selección empírica. Las diferencias entre familias son importantes desde el punto de vista del fitomejorador, ya que indican la presencia de variabilidad genética.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables agronómicas de las familias evaluadas en General Cepeda, Coah. en 2020.

FV	GL	REND (t ha ⁻¹)	FM (d)	FF (d)	APTA (cm)	AMAZ (cm)	MCOB %	PRO %
Bloques	1	5.05 NS	1.62 NS	0.32 NS	154.88 NS	544.50 NS	1872.72 *	0.007 NS
Familias	24	2.36 NS	11.62 **	14.23 **	467.66 *	276.98 *	768.18 **	0.005 NS
Error	24	2.88	1.24	3.15	210.71	134.33	287.32	0.006
CV (%)		30.00	1.51	2.34	5.87	7.68	53.12	8.07

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente; NS= No significativo; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; REND= Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; APTA: Altura de planta; AMAZ= Altura de mazorca; MCOB; Mala cobertura de mazorca; PRO= Prolificidad.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables determinadas de la caracterización varietal de las familias evaluadas en General Cepeda, Coah. en 2020.

FV	GL	HIL	GHIL	LMAZ (cm)	DMAZ (cm)	LG (cm)	AG (cm)	EG (cm)	DOLO (cm)	PMS (g)
Bloques	1	3.92 NS	23.12 NS	8.65 *	0.78 **	0.022 **	0.004 NS	0.07 NS	0.11 NS	5940.50 **
Familias	24	2.36 NS	16.67 NS	2.28 NS	0.13 *	0.004 NS	0.004 **	0.04 NS	0.08 *	1567.12 *
Error	24	1.25	14.66	1.46	0.05	0.002	0.001	0.04	0.04	734.12
CV (%)		7.54	13.73	8.87	5.30	4.88	4.41	51.41	7.34	12.54

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente; NS= No significativo; HIL= Hileras por mazorca; GHIL= Granos por hilera; LMAZ= Longitud de mazorca; DMAZ= Diámetro de mazorca; LMG= Longitud media de grano; AMG= Ancho medio de grano; EMG= Espesor medio de grano; DOLO= Diámetro de olote PMS= Peso de mil semillas.

Las comparaciones de medias para las variables agronómicas se presentan en el Cuadro 3.

La variable rendimiento (REND) no presentó diferencias estadísticas, sin embargo, se observó un rango de 7.70 (TSMW22) a 3.82 t ha⁻¹ (TSMW24), con un valor medio de 5.66 t ha⁻¹; de las cuales 13 de las FHC con rendimiento superior a la media (5.66 t ha⁻¹). Uno de los factores que influyó en el comportamiento del rendimiento es que las condiciones ambientales de las dos fechas de siembra fueron diferentes, pero también, a la heterogeneidad de las familias, así como algunos factores inherentes al genotipo, por ejemplo, los índices de asimilación de nutrientes, proporcionados a través de los fertilizantes. En este sentido, si existe suministro de nutrientes en el suelo, las plantas crecerán mejor y producirán mayores rendimientos (Coyac, 2013).

Para las variables FM y FF, la familia de ciclo más tardío fue la TSMW3, con 79.5 y 83 días, respectivamente. Por otra parte, la FHC más precoz fue TSMW12 con 69 y 70.5 días, correspondientemente para FM y FF. En la variable FM se obtuvo una media de 73.53 días, mientras que la FF presentó una media de 75.88 días. Esto es, en promedio hubo una diferencia de 2.35 días entre FF y FM. La variación entre FHC para FF y FM se puede atribuir a la respuesta a las condiciones ambientales durante el ciclo de cultivo, ya que las fases de floración del maíz son altamente susceptibles a la tensión ambiental, principalmente temperatura alta, provocando cambios en su duración, así como el periodo de sincronía (Ramírez *et al.*, 2013). En la sincronía floral en maíz, lo ideal es que las plantas machos inicien la producción de polen cuando los primeros estigmas de las plantas hembra aparecen, y que produzcan polen durante todo el tiempo que los estigmas de las hembras estén emergiendo. Sin embargo, las plantas hembra y macho no siempre coinciden en la floración como resultado de las distintas tasas de crecimiento y las variaciones ambientales. La falta de sincronía entre la floración de los machos y la de las hembras, reduce el rendimiento.

Las variables APTA y de AMAZ presentaron resultados en donde se observa que la FHC TSMW#16 obtuvo los valores más altos con 274.50 cm y 175.50 cm, respectivamente. Por el contrario, también se observaron plantas de APTA menor,

como es el caso de la familia TSMW#24 con 222.0 cm, y con la AMAZ más baja la familia TSMW#5, con 121.00 cm. Diversas investigaciones indican que la altura de las plantas está influenciada por diferentes factores, tales como: humedad, temperatura y la competencia de malezas (González, 2000). La altura de los cultivos es una de las variables más usadas para caracterizar el desarrollo de los cultivos, y también un indicador del rendimiento del cultivo (Yin *et al.*, 2011). Existe una relación muy estrecha entre la altura de la planta y la biomasa (Ehlert *et al.*, 2009, Zhang y Grift, 2012). Por otra parte, la altura de inserción de la mazorca depende directamente de la altura de la planta, y es un factor asociado con el rendimiento, ya que los cultivares con mazorcas ubicadas a la altura media de la planta tendrán los mejores rendimientos (Celiz y Duarte, 1996).

En la variable MCOB se presentó una media general de 31.90 %, las FHC que se mostraron más afectadas fueron TSMW#12 con un 87.63 %, TSMW#8 con 69.07%, TSMW#18 con 63.20 y la TSMW#14 con 52.28 %, mientras que la FHC TSMW#19 presentó 8.34% de daño, factor que pudo haber influido en un rendimiento por encima de la media. La TSMW#11 presentó 0 % de daño, pero no se reflejó en un mayor rendimiento (4.90 t ha⁻¹). La completa cobertura de la mazorca es importante porque reduce el daño por plagas y enfermedades, además se manifiesta un mayor rendimiento.

Para la variable PRO sobresalió la FHC TSMW#16 con 1.11, el resto presentó valores muy próximos a la media general (1.01 %). El número de mazorcas por planta (prolificidad) es un componente de rendimiento de importancia en las variedades adaptadas a las condiciones de temporal.

En la variable HIL se presentó un rango de 13 (TSMW#3 y TSMW#15) a 17.5 (TSMW#7), con un valor medio de 14.84. En GHIL las FHC que presentaron mayor promedio fueron la TSMW#16 con 33.5, TSMW#13 con 33, TSMW#18 con 32 y TSMW#20 con 31.5, la población que presentó menor promedio fue TSMW#3 con 21%. En el momento de la floración, el efecto de estrés es adverso, puede resultar en granos vacíos o en una seria reducción del número de granos de la mazorca (FAO, 2001).

Cuadro 3. Comparación de medias de variables agronómicas evaluadas en General Cepeda, Coah. en 2020.

FHC	REND (t ha ⁻¹)	FM (d)	FF (d)	APTA (cm)	AMAZ (cm)	MCOB (%)	PRO
TSMW#22	7.70	72.00 ghi	75.00 cde	275.00 a	153.00 abcd	33.34 bcdef	1.05 ab
TSMW#6	7.00	73.00 efgh	76.50 cd	240.50 abcde	154.00 abcd	44.16 bcde	1.02 ab
TSMW#23	6.79	70.00 ij	72.00 ef	252.00 abcde	146.50 bcde	22.73 cdef	1.02 ab
TSMW#18	6.79	71.50 hi	72.50 def	268.50 ab	162.50 abcd	63.20 abc	0.97 ab
TSMW#10	6.69	72.00 ghi	75.50 cde	252.00 abcde	155.00 abcd	39.51 bcdef	1.02 ab
TSMW#16	6.63	74.50 bcdefg	75.50 cde	274.50 a	175.50 a	44.16 bcdef	1.11 a
TSMW#5	6.60	73.00 efgh	76.50 cd	231.50 cde	121.00 e	28.57 bcdef	1.02 ab
TSMW#25	6.51	72.50 fghi	76.00 cde	225.00 de	143.00 bcde	26.73 cdef	1.05 ab
TSMW#20	6.22	72.00 ghi	74.50 cdef	245.00 abcde	146.00 bcde	16.82 def	1.02 ab
TSMW#13	6.20	72.00 ghi	74.00 cdef	254.50 abcde	157.00 abcd	26.82 cdef	1.02 ab
TSMW#19	6.11	77.00 b	81.00 ab	245.50 abcde	153.00 abcd	8.34 ef	1.00 ab
TSMW#2	5.89	75.00 bcdef	76.50 cd	253.00 abcde	163.00 abcd	16.13 def	1.02 ab
TSMW#7	5.88	76.50 bc	78.00 bc	251.50 abcde	141.50 bcde	21.00 def	1.00 ab
TSMW#12	5.58	69.00 j	70.50 f	258.00 abcd	140.50 cde	87.63 a	0.90 b
TSMW#1	5.41	75.00 bcdef	77.00 bc	258.00 abcd	165.50 abc	31.06 bcdef	1.03 ab
TSMW#8	5.30	73.00 efgh	75.50 cde	230.00 cde	152.00 abcd	69.07 ab	1.04 ab
TSMW#4	5.28	76.00 bcd	77.50 bc	254.00 abcde	157.00 abcd	31.82 bcdef	0.95 ab
TSMW#17	4.98	70.00 ij	72.50 def	231.00 cde	147.50 abcde	34.78 bcdef	0.97 ab
TSMW#11	4.90	73.00 efgh	77.00 bc	226.00 de	156.00 abcd	0.00 f	0.91 b
TSMW#14	4.47	74.00 cdefgh	76.00 cde	251.00 abcde	138.50 cde	52.28 abcd	1.02 ab
TSMW#3	4.46	79.50 a	83.00 a	228.50 cde	136.00 de	18.18 def	1.08 ab
TSMW#15	4.18	73.50 defgh	74.50 cdef	236.00 bcde	153.00 abcd	21.91 cdef	1.10 ab
TSMW#21	4.08	75.50 bcde	77.00 bc	264.00 abc	145.00 bcde	14.29 def	1.02 ab
TSMW#9	3.92	76.00 bcd	78.00 bc	249.00 abcde	169.50 ab	19.35 def	1.07 ab
TSMW#24	3.82	73.00 efgh	75.00 cde	222.00 e	140.00 cde	31.34 bcdef	0.97 ab
Media	5.66	73.54	75.88	247.04	150.86	31.90	1.01
Tukey	6.96	4.57	7.28	59.54	47.54	69.53	0.33

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05\%$); REN= Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; APTA: Altura de planta; AMAZ= Altura de mazorca; MCOB; Mala cobertura de mazorca; PRO= Prolificidad.

Además, una sincronización deficiente entre la aparición del polen y la receptividad de los estigmas puede originar la formación de mazorcas con hileras de granos incompletas (Ramírez, 1974). Tanto HIL como GHIL son de interés por formar parte del potencial de rendimiento del maíz. Rivetti (2006) evaluó el rendimiento de grano y sus componentes bajo diferentes regímenes de riego, estableció como de mayor importancia los siguientes componentes del rendimiento: número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, y el peso de 1000 granos.

Los valores obtenidos para la variable LMAZ muestran los mayores promedios para las siguientes FHC, TSMW#23 con 15.70 cm, TSMW#13 con 15.45 cm y TSMW#10 con 15.15 cm, y la de menor longitud TSMW#24, con apenas 11.30 cm. Esta variable es muy valorada por los agricultores, debiéndose al hecho que se relaciona con la producción (Rodríguez y Solís, 1997).

Para la variable DMAZ se obtuvo una media de 4.38 cm, las poblaciones contrastantes fueron TSMW#12 y TSMW#3, con 4.73 y 3.65 cm respectivamente, mientras que las demás no mostraron diferencias, ya que los resultados presentaron valores estadísticamente iguales. El diámetro de la mazorca es un carácter relacionado con la longitud de la mazorca y está determinado por factores genéticos, edáficos, nutricionales y ambientales (Saldaña, 1991).

Las dimensiones del grano (LMG, AMG y EMG) mostraron relativamente valores muy similares dentro de cada variable. Por ejemplo, para LMG el rango fue de 0.94 (TSMW#3) a 1.14 cm (TSMW#1). AMG de 0.71 (TSMW#3) a (TSMW#6) 0.90 cm. Para EMG todos los valores fueron estadísticamente iguales, excepto TSMW#15, que fue superior al resto, con 1.13 cm. El tamaño del grano es hereditario, pero también es influenciado por factores ambientales que directamente afectan la planta (Rodríguez *et al.*, 2005).

En la variable DOLO se presentaron valores contrastantes, dos de las FHC sobresalen estadísticamente con 3.10 cm (TSMW#12) y 3.12 cm (TSMW#8). Otras tres FHC presentaron los diámetros más bajos (TSMW#15 con 2.36 cm, TSMW#3 con 2.40 cm, y TSMW#24 con 2.41 cm).

Cuadro 4. Comparación de medias de variables morfológicas evaluadas en laboratorio en mazorcas de la raza Tuxpeño.

FHC	HIL	GHIL	LMAZ (cm)	DMAZ (cm)	LMG (cm)	AMG (cm)	EMG (cm)	DOLO (cm)	PMS (g)
TSMW#22	16.0 abc	28.0 abc	14.05 abcd	4.70 ab	1.08 ab	0.79 defg	0.39 b	3.07 ab	221.0 abcde
TSMW#6	14.0 bcd	24.5 abc	14.15 abcd	4.45 abcd	1.09 ab	0.90 a	0.41 b	2.76 abcd	275.5 a
TSMW#23	15.5 abcd	27.0 abc	15.70 a	4.60 abcd	1.04 abc	0.88 abc	0.49 b	2.79 abcd	276.0 a
TSMW#18	15.5 abcd	32.0 ab	14.05 abcd	4.71 ab	1.05 abc	0.77 efg	0.37 b	2.96 abc	229.5 abcd
TSMW#10	14.5 bcd	28.5 abc	15.15 ab	4.63 abcd	1.10 ab	0.88 abc	0.43 b	2.69 abcd	237.5 abcd
TSMW#16	15.0 abcd	33.5 a	14.30 abc	4.33 abcd	1.10 ab	0.80 cdefg	0.34 b	2.68 abcd	198.5 bcde
TSMW#5	14.5 bcd	30.0 abc	13.65 abcd	4.56 abcd	1.10 ab	0.84 abcde	0.38 b	2.77 abcd	212.0 abcde
TSMW#25	15.0 abcd	27.5 abc	12.80 abcd	4.55 abcd	1.10 ab	0.83 abcdef	0.39 b	2.91 abc	217.0 abcde
TSMW#20	14.5 bcd	31.5 ab	13.35 abcd	4.55 abcd	1.13 a	0.86 abcd	0.35 b	2.67 abcd	206.0 bcde
TSMW#13	14.0 bcd	33.0 ab	15.45 a	4.36 abcd	1.09 ab	0.83 abcdef	0.34 b	2.60 bcd	217.5 abcde
TSMW#19	16.0 abc	24.0 bc	13.10 abcd	4.30 abcd	0.99 bc	0.79 defg	0.45 b	2.82 abcd	201.5 bcde
TSMW#2	13.5 cd	28.0 abc	13.70 abcd	4.36 abcd	1.05 abc	0.85 abcde	0.41 b	2.57 cd	213.5 abcde
TSMW#7	17.5 a	24.5 abc	12.75 abcd	4.48 abcd	1.10 ab	0.78 defg	0.38 b	2.71 abcd	203.5 bcde
TSMW#12	15.0 abcd	28.5 abc	14.90 abc	4.73 a	1.06 abc	0.81 bcdef	0.39 b	3.10 a	242.5 abc
TSMW#1	15.5 abcd	29.0 abc	13.00 abcd	4.36 abcd	1.14 a	0.80 cdefg	0.35 b	2.51 cd	200.5 bcde
TSMW#8	16.5 ab	26.5 abc	14.45 abc	4.67 abc	1.09 ab	0.87 abcd	0.40 b	3.12 a	259.5 ab
TSMW#4	14.5 bcd	28.0 abc	14.10 abcd	4.16 bcde	1.03 abc	0.81 bcdef	0.41 b	2.54 cd	217.0 abcde
TSMW#17	16.0 abc	27.0 abc	11.95 cd	4.46 abcd	1.08 ab	0.79 defg	0.34 b	2.77 abcd	206.5 bcde
TSMW#11	14.0 bcd	27.0 abc	13.20 abcd	4.07 de	0.99 bc	0.81 bcdef	0.37 b	2.76 abcd	191.0 cde
TSMW#14	14.0 bcd	27.0 abc	13.35 abcd	4.39 abcd	1.04 abc	0.89 ab	0.39 b	2.80 abcd	231.5 abcd
TSMW#3	13.0 d	21.0 c	13.80 abcd	3.65 e	0.94 c	0.71 g	0.45 b	2.40 d	172.5 de
TSMW#15	13.0 d	27.5 abc	12.30 bcd	4.08 de	1.02 abc	0.83 abcdef	1.13 a	2.36 d	220.0 abcde
TSMW#21	14.5 bcd	26.5 abc	12.45 bcd	4.13 cde	1.00 bc	0.82 abcdef	0.38 b	2.69 abcd	209.0 bcde
TSMW#9	15.5 abcd	31.0 ab	13.50 abcd	4.18 abcde	1.03 abc	0.75 g	0.38 b	2.78 abcd	163.0 e
TSMW#24	14.0 bcd	26.0 abc	11.30 d	4.14 bcde	1.05 abc	0.87 abcd	0.34 b	2.41 d	175.5 de
Media	14.84	27.88	13.62	4.38	1.06	0.82	0.42	2.73	215.90
Tukey	4.59	15.70	4.95	0.95	0.21	0.14	0.88	0.82	111.15

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05\%$); HIL= Hileras por mazorca; GHIL= Granos por hilera; LMAZ= Longitud de mazorca; DMAZ= Diámetro de mazorca; LMG= Longitud media de grano; AMG= Ancho medio de grano; EMG= Espesor medio de grano; DOLO= Diámetro de olote PMS= Peso de mil semillas.

En la variable PMS las poblaciones que tuvieron un mejor promedio y significancia fueron TSMW#23 con 275.5 g y TSMW#6 con 276 g, en comparación con la media general que fue de 215.90 g, estas mismas poblaciones estuvieron dentro del rango con mayor rendimiento. El peso de mil semillas varía según la variedad, depende del tamaño y su densidad. Durante el proceso de maduración, su peso aumenta al paso de los días después de la floración. Esa tendencia ocurre en función del llenado de la semilla por la fotosíntesis. Cuando no hay más ganancia de peso, es la señal de que se dio un equilibrio siendo ese el punto de máximo del PMS. Basra (1995) indica que para las empresas productoras de semilla y para el usuario, tamaño y forma de la semilla, peso de mil semillas, son variables muy valiosas.

Ferraris y Couretot (2004) evaluaron el comportamiento de 26 híbridos de maíz y los siguientes componentes del rendimiento peso de mil granos y número de hileras por mazorca, resultaron ser los componentes de rendimiento de mayor interés.

De acuerdo con Bonamico *et al.* (2004), la caracterización de variedades es de relevancia en la preservación de las especies que la comprenden, estas medidas van desde el crecimiento vegetativo hasta el rendimiento de grano y mazorca.

En el Cuadro 5 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson para las variables morfológicas de mazorca y rendimiento.

El rendimiento (REND) correlacionó positivamente con las variables PRO ($r = 0.3227^*$), GHIL ($r = 0.3004^*$), DMAZ ($r = 0.4792^{**}$), LMAZ ($r = 0.4113^{**}$) y PMS ($r = 0.3016^*$). La variable APTA presentó correlación positivamente con las variables GHIL ($r = 0.4611^{**}$), DMAZ ($r = 0.3454^*$) y LMAZ ($r = 0.4398^{**}$). Por otra parte, en la variable HIL presentó relación significativa con la variable DMAZ ($r = 0.5850^{**}$). La variable GHIL correlacionó positivamente con las siguientes variables DMAZ ($r = 0.4281^{**}$), LMAZ ($r = 0.5177^{**}$). La variable DMAZ tuvo correlación con LMAZ ($r = 0.5122^{**}$), y PMS ($r = 0.6331^{**}$). Y la variable LMAZ se correlacionó positivamente con la variable PMS ($r = 0.5514^{**}$). Borroel *et al.* (2018) trabajando con híbridos de maíz encontró correlación positiva entre longitud y diámetro de mazorca ($r = 0.74$), longitud de mazorca y granos por hilera ($r = 0.83$). El rendimiento presentó

correlación positiva con diámetro ($r = 0.90$) y longitud de mazorca ($r = 0.77$).
Resultados que coinciden con este trabajo.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación Pearson de componentes del rendimiento de maíz de la raza Tuxpeño.

	APTA (cm)	PRO	HIL	GHIL (cm)	DMAZ (cm)	LMAZ (cm)	PMS (g)
REND	0.1655 NS	0.3227 *	0.2568 NS	0.3004 *	0.4792 **	0.4113 **	0.3016 *
APTA		-0.1191 NS	0.2508 NS	0.4611 **	0.3454 *	0.4398 **	0.209 NS
PRO			-0.0832 NS	-0.0111 NS	-0.2106 NS	-0.1277 NS	-0.2042 NS
HIL				0.1321 NS	0.5850 **	0.1539 NS	0.0815NS
GHIL					0.4281 **	0.5177**	0.1449 NS
DMAZ						0.5122 **	0.6331 **
LMAZ							0.5514 **

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente; NS= No significativo; REND: Rendimiento; APTA: Altura de planta; PRO= Prolificidad; HIL= Hileras por mazorca; GHIL= Granos por hilera; DMAZ= Diámetro de mazorca; LMAZ= Longitud de mazorca; PMS= Peso de mil semillas.

CONCLUSIONES

Los resultados de la caracterización agronómica y morfológica de FHC de la raza Tuxpeño obtenidas a partir de una población nativa de San Martín De Las Vacas, Ramos Arizpe, Coahuila y evaluadas en General Cepeda Coahuila, presentaron diferencias estadísticas para variables agronómicas y morfológicas (FM, FF, APTA, AMAZ, MCOB, DMAZ, AG, DOLO y PMS).

La variación para el para el rendimiento de grano mostró, aunque sin diferencias estadísticas, un intervalo de 7.70 (TSMW#22) a 3.82 t ha⁻¹ (TSMW#24), con una media de 5.66 t ha⁻¹. La asincronía entre FM y FF fue de 2.35 días, en promedio.

En las variables APTA y AMAZ, la FHC TSMW#16 obtuvo los valores más altos con 274.50 cm y 175.50 cm, respectivamente.

La variable MCOB presentó una media de 31.90 %, mientras que la FHC TSMW#12 mostró 87.63 % y la TSMW#11 presentó 0 % (aunque no obtuvo el mayor rendimiento).

Variables evaluadas en mazorcas, HIL y GHIL mostraron valores medios de 14.84 y 27.88, respectivamente.

Para la variable LMAZ, el mayor promedio lo obtuvo TSMW#23 con 15.70 cm, y el menor TSMW#24 con 11.30 cm, mientras que para la variable DMAZ se obtuvo una media de 4.38 cm.

Las dimensiones del grano (LMG, AMG y EMG) mostraron valores muy similares dentro de cada variable.

En la variable DOLO se presentaron valores contrastantes, 3.10 cm (TSMW#12) y 3.12 cm (TSMW#8), y tres FHC los diámetros más bajos (TSMW#15 con 2.36 cm, TSMW#3 con 2.40 cm, y TSMW#24 con 2.41 cm).

En la variable PMS las poblaciones que tuvieron un mejor promedio fueron TSMW#23 con 275.5 g y TSMW#6 con 276 g, en comparación con la media general (215.90 g).

Los resultados indican variabilidad entre FHC para caracteres agronómicos y morfológicos, reflejando la variación genética dentro de la población de la raza Tuxpeño, de la localidad de San Martín de las Vacas, Ramos Arizpe, Coahuila.

De acuerdo a la hipótesis las FHC de la raza Tuxpeño evaluadas en General Cepeda, Coah., presentan variación fenotípica en cuanto a variables agronómicas y morfológicas evaluadas.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre M. V. J., F. Rincón S., R. Ramírez S., O. G. Colón A. y M. G. Razo M. 2011. Modelo para la Conservación de Maíces Criollos en el Sureste de Coahuila, México. Vicente Javier Aguirre Moreno, Saltillo Coahuila, México. 61 p.

Ángeles, E., Ortiz, E., López, P. y López, G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Fitotecnia Mexicana*, 33(4): 287–296.

Aramendiz, H., Arias, Y Castro, D., Marín, N y López, A. 2005. Caracterización morfológica de maíces criollos del Caribe colombiano. *Agronomía Colombiana*, 23(1): 28 – 34.

Basra, A. S. 1995. Seed quality; basic mechanisms and agricultural implications. Basra, A. S. (ed.) Food Products Press. Preface. New York, USA. Biomass under field conditions. *Precision Agriculture*, 10(5): 395-408.

Bonamico, N. C. Y Ibáñez, M. A. 2004. Caracterización y clasificación de híbridos simples de maíz con marcadores SSR. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 33(2):129-144.

Borroel García, V. J., L. Salas Pérez, M. G. Ramírez Aragón, J. D. López Martínez y J. Luna Anguiano. 2018. Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana* 36: 423-429

Celis F., R. Duarte, 1996. Efecto del arreglo topográfico (doble surco) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays. L*) como cultivo principal, en asocio con la leguminosa (*Vigna unguiculata L Walp*).

CONABIO. 2008. Capital Natural de México, Volumen I: Conocimiento Actual de la Biodiversidad. Noviembre 2013. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO. 2011. Base de datos del proyecto global “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”. Octubre de 2010. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F.

CONABIO. 2020. Razas de maíz de México <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México. Actualizado en: 08/10/2021.

Coyac Rodríguez, J. L., Molina Galán, J. D., García Zavala, J. J., and Serrano Covarrubias, L. M. 2013. La selección masal permite aumentar el rendimiento sin agotar la variabilidad genética aditiva en el maíz zacatecas 58. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(1): 53-62.

De la Cruz-Lázaro, E., Rodríguez-Herrera, S. A., Estrada-Botello, M. A., Mendoza-Palacios, J. D., and Brito-Manzano, N. P. 2005. Análisis dialéctico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Universidad y Ciencia*, 21(41): 19-26.

Ehlert, D., Adamek, R., and Horn, H. J. 2009. Laser rangefinder-based measuring of crop biomass under field conditions. *Precision Agriculture*, 10(5): 395-408.

FAO. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Roma. 2001, [fecha de consulta 16 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm#P0_0

Ferraris, G. y Couretot, L. 2004. Ensayo comparativo de híbridos comerciales de maíz en el área de Colón-Wheelwright, Argentina. Maíz. Resultados de las Unidades Demostrativas. Desarrollo Rural INTA Pergamino. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, pp. 37-43.

Goodman M.M., Mck Bird R. 1977. The races of maize: IV Tentative grouping of 219. Latin American Races. *Econ. Bot.* 31: 204-221.

Gordón, R., González, A., and Franco, J. 2000. Manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz. azuero, panamá, 1996-1998. Ciencia Agropecuaria, (10): 123-134.

Hernández X., E. 1985. Maize and man in the Greater Southwest. Economic Botany. 39(4): 416-430.

Herrera C., B. E., A. Macías L., R. Díaz R., M. Valadez R. y A. Delgado A. 2002. Uso de semilla criolla y características de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. Rev. Fitotec. Mex. 25: 17-23

Herrera, B., Castillo, F., Sánchez, J., Ortega, R y Goodman, M. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza chalqueño. Fitotecnia Mexicana, 23(1): 335 - 354.

Kato Y., T. A., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H., y R. A. 2009. Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 116 p.

Ligarreto, G., Ballén, A y Huertas, D. 1998. Evaluación de las características cuantitativas de 25 accesiones de maíz (*Zea mays L.*) de la zona andina. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 2(2): 1- 2.

López, G., Santacruz, A., Muñoz, A., Castillo, F., Córdova, L. y Vaquera, H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. INCI, 30(5): 284-290.

Núñez, C. C. A. y Escobedo, L. D. 2015. Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos fitogenéticos. Acta Agrícola y Pecuaria. 1(1):1-6.

Ortega P., R. 1985. Descripción de algunas razas mexicanas de maíz poco estudiadas. En: Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para

fitomejoramiento. Traducción al español por el autor. Tesis de Ph. D. Instituto Nacional de Plantas N. I. Vavilov. Leningrado, U. R. S. S

Pardey, C., García, M. y Moreno, N. 2016. Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, 17(2): 167-190.

Pecina M., J. A., M. C. Mendoza C., J. A. López S., F. Castillo G. y M. Mendoza R. 2009. Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia*. 43: 681- 694.

Ramírez, R. Z., López, S. J. A., Briones, E. F., Varela, F. S. E., & Mendoza, C. C. M. 2013. Efecto de la Temperatura sobre las fases de floración de maíz tropical en Tamaulipas. *Productividad de las ciencias: cultura y fortaleza para el desarrollo*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. p, 1-4.

Ramírez, Rico, M. A. 1974. Evaluación biológica de la tortilla de maíz fortificada con soya.

Rincón S., F., C.J. Hernández P., F. Zamora C. y J.M. Hernández C. 2010. Recolección de maíces nativos de Coahuila. 2008. En: *Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México*. F. Rincón S., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. (eds.). SOMEFI, Chapingo, México, pp. 4-12.

Rincón S., F., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. 2010. *Diversidad y distribución de los maíces nativos en Coahuila, México*. SOMEFI, Chapingo, México. 16 p.

Rivetti, A., R. 2006. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO* 38 (2): 25-36.

Rocandio, M., Santacruz, A., Córdova, L., López, H., Castillo, F., Lobato, R., García, J. y Ortega, R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(4): 351-361.

Rodríguez, L. y Solís, T. 1997. Evaluación de cuatro tipos de biofertilizantes, sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 45 p.

Saldaña, F. Calero, M. 1991. Efecto de rotación de cultivo y control de maleza sobre la cenosis de la maleza en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, NI. 27 p.

Silva, W., Alfaro, Y. y Jiménez, R. 2009. Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra. UDO Agrícola, 9(4): 743-755.

Vázquez, E. I. B., Moreno, Y. S., Rodríguez, A. R., & Ocampo, A. C. 2005. Calidad pozolera en colectas de maíz cacahuacintle. Revista Fitotecnia Mexicana, 28(3): 253-260

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández X. y P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. 237 p.

Yin, X., McClure, M. A., Jaja, N., Tyler, D. D., and Hayes, R. M. 2011. In-season prediction of corn yield using plant height under major production systems. Agronomy Journal, 103(3): 923-929.

Zhang, L., and Grift, T. E. 2012. A LIDAR-based crop height measurement system for *Miscanthus giganteus*. Computers and electronics in agriculture, 85: 70-76.