

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica y Características de la Mazorca de Poblaciones de
Maíz Nativo Amarillo del Estado de Coahuila

Por:

GLORIA ANGÉLICA PRIETO HUÍZAR

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica y Caracterización de la Mazorca de las Poblaciones de
Maíz Nativo Amarillo del Estado de Coahuila

Por:

GLORIA ANGÉLICA PRIETO HUÍZAR

TESIS

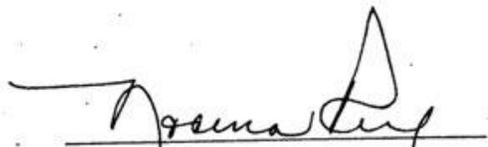
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

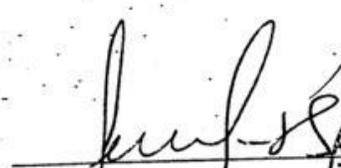
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez
Asesor Principal


Dr. Froylan Rincón Sánchez
Coasesor


Dra. Norma Angélica Ruíz Torres
Coasesor


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2022

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, graficas, 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



Gloria Angélica Prieto Huízar

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**. Por haberme acogido y darme la oportunidad de formar parte de ella.

A mi Comité Particular de Asesoría **Dr. Froylán Rincón Sánchez, Dra. Norma Angélica Ruíz Torres, Dr. José Luis Velasco López** y a mi asesor principal integrado por el **Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez**, por darme la gran oportunidad de trabajar con él, por su tiempo, confianza, enseñanzas y consideraciones para realizar este proyecto.

A mis compañeros y amigos **Rosemberg Hernández Ruíz, Jair Natanahel Roblero Vázquez, Sergio Daniel González Solano, Juan Ángel Montes, Uriel Moreno Pérez, Rubén Bautista Roque, Eduardo Sánchez Cruz, Juan Francisco González Ledezma, Karla Bibiana Martínez Rojas, Ana Evelia Núñez Navarro y Alejandra Elicerio Rodríguez**. Que siempre fueron participes a lo largo de esta trayectoria.

A mis maestros †**Dr. Humberto De León Castillo, Dr. Juan Manuel Martínez Reyna, Dr. Alfredo Loera de la Rosa, M.C Modesto Colín Rico, Dr. Agustín Hernández Juárez, Ing. Raúl Gándara Huitrón, Dra. Norma Angélica Ruíz Torres. Dr. Froylán Rincón Sánchez y a la Dra. Manuela Bolívar Duarte**. Gracias por sus enseñanzas y por dejar una gran huella en el saber.

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por darme la gracia, fortaleza, perseverancia y el don de la sabiduría para poder culminar mis estudios.

A mis padres Elías Prieto Prieto y Ma. Joaquina Huízar Hernández y a mi segunda madre Ma. Del Rosario Prieto Prieto por siempre estar conmigo en el largo camino del estudio, porque siempre me dieron su apoyo, confianza y pedir con fe a Dios para terminar mis estudios.

A mis adorables hermanas Guadalupe Silvia Alicia Prieto Huízar (Conejo. Tita) que fue la precursora para que iniciara este nuevo proyecto y lo terminara. A mi hermanita Eva Esperanza Prieto Huízar (Tete, Chiquito) por apoyarme en durante mis estudios. Ala nueva integrante de familia la pequeñita Luci.

A mis abuelos y tía que en gloria de Dios estén † Ma. Del Refugio Prieto Sandoval, † Casimiro Prieto Oropeza, † Ma. Higinia Hernández Jáuregui, † Gabino Huízar Ramírez, † Ma. Mónica Prieto Sandoval.

A Dr. Santitos y al tío Lupe que me inspiro a estudiar y a retomar el camino del estudio.

A la familia Ruíz Moreno mi familia saltillense por haberme permitido entrar en su familia, aceptarme y formar parte de ella por sus consejos apoyo y guiarme por el camino espiritual y profesional por ser mis maestras cuando lo requerí a Dra. Elenita, Dra. Carmelita, Dra. Quelitos, Dra. Talita, Dr. Fernando, Dr. Chuy, Dr. Marco y a la gran persona que me dio la dicha de conocer a su familia MC. Cristi. A la autora principal la Dra. Carmen Moreno de Ruíz. Formadora de esta gran familia.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG.
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
Resumen	VIII
I.INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos General.....	7
Objetivos específicos.....	7
Hipótesis	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
Situación actual del maíz.....	8
El maíz pigmentado en México.....	11
Los grupos raciales del maíz nativo del estado de Coahuila.....	12
Cónico Norteño	12
Ratón	12
Tuxpeño	13
Tuxpeño Norteño	13
Elotes Cónicos	13
Celaya.....	14
Olotillo	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
Material genético	15
Ubicación del sitio experimental	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES	40
VI. literatura citada.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Grupo racial, número de poblaciones por grupo y área de adaptación de poblaciones de maíz nativo con frecuencia elevada de pigmentación amarilla presentes en el estado de Coahuila.	15
Cuadro 2. Coordenadas geográficas de las localidades de evaluación, 2019. 16	
Cuadro 3. Datos climáticos mensuales de las localidades, durante el ciclo de evaluación de los experimentos, 2019.	16
Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de características agronómicas de poblaciones nativas de maíz amarillo evaluadas en localidades contrastantes del sureste de Coahuila.	22
Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza de características de la mazorca en poblaciones nativas de maíz amarillo evaluadas en localidades contrastantes del sureste de Coahuila.	23
Cuadro 6. Valores medios de características agronómicas y de la mazorca en poblaciones nativas de maíz evaluadas en el Sureste de Coahuila. ...	26
Cuadro 7. Valores medios de características agronómicas evaluadas en El Mezquite, Galeana, Nuevo León en 2019.	30
Cuadro 8. Valores medios de características de la mazorca medidas en El Mezquite, Galeana, Nuevo León en 2019.	31
Cuadro 9. Valores medios de características agronómicas evaluadas en General Cepeda, Coahuila en el ciclo P-V. 2019.	36
Cuadro 10. Valores medios de características de la mazorca medidas en General Cepeda Coahuila en el 2019.	37

RESUMEN

El maíz, es una de las especies más importantes de México, posee una gran diversidad, representada por 64 razas, 59 de las cuales se consideran nativas. En el estado de Coahuila, la diversidad de las poblaciones nativas se encuentra representada por ocho grupos raciales: Celaya, Cónico Norteño, Olotillo, Ratón, Tuxpeño Norteño, Tuxpeño, Elotes Cónicos y Elotes Occidentales. Entre esta diversidad se encontraron 27 poblaciones con frecuencia elevada de grano pigmentado amarillo, las cuales fueron evaluadas bajo condiciones ambientales contrastantes del Sureste de Coahuila, con el objetivo de conocer sus características agronómicas, de la mazorca y seleccionar aquellas sobresalientes para iniciar un programa de mejoramiento. Las condiciones ambientales de las localidades de estudio, General Cepeda, Coah., y El Mezquite, Galeana, N. L. permitieron la expresión diferenciada de las poblaciones; General Cepeda fue una localidad con condiciones restrictivas para la producción, en tanto que, El Mezquite, permitió la expresión del potencial máximo del rendimiento de grano. Entre la diversidad del maíz nativo de Coahuila, se encontraron poblaciones con potencial para la producción de grano. Las poblaciones evaluadas mostraron que el potencial del maíz nativo está directamente definido por las condiciones ambientales y que los bajos rendimientos de grano, no se deben directamente al genotipo sino a las condiciones restrictivas bajo las cuales se cultivan.

Entre las poblaciones con frecuencia elevada de granos con pigmentación amarilla se encontró que las poblaciones de la raza Tuxpeño mostraron capacidad de adaptación a las condiciones evaluadas, seguido de Ratón y Tuxpeño Norteño; en el mismo orden mostraron su potencial para la producción de grano.

Las poblaciones sobresalientes a través de las localidades fueron: UAN068, UAN078, UAN083, UAN089, UAN177, UAN182, UAN215 de la raza Tuxpeño, y UAN075 de Celaya; en El Mezquite, además UAN069, UAN079, UAN223 y en General Cepeda UAN178, UAN231, UAN070, UAN077 y UAN040 principalmente de origen Tuxpeño Norteño y Ratón. Estas 16 poblaciones identificadas pueden

ser consideradas para iniciar el programa de mejoramiento genético para calidad y producción de grano en el Sureste de Coahuila.

Palabras clave: *Zea mays* L., Poblaciones nativas, grupos raciales, Coahuila, maíz amarillo.

I.INTRODUCCIÓN

En México, dada su ubicación geográfica y su diverso relieve, es posible encontrar una amplia variedad de ecosistemas, mismos que han sido nicho de una extensa diversidad de especies vegetales de utilidad para el hombre (CONABIO, 2018). El maíz, es una de las especies más importantes de esta región geográfica, posee una gran diversidad, representada por 64 razas, 59 de las cuales se consideran nativas (Wellhausen *et al.*,1951).

Dado el número de razas, su amplia variación y distribución, a México, se le considera centro de origen y diversificación de la especie (Kato *et al.*, 2009). Se considera que la domesticación de esta inició hace más de 10,000 años, y permitió el desarrollo de la agricultura y de las civilizaciones mesoamericanas, quienes seleccionaron sus propias variantes de acuerdo con sus necesidades y preferencias, dando origen a la diversidad que actualmente se conoce, lo cual transcurrió al pasar de los años y a la selección de los hombres.

Hoy en día, el maíz es una de las principales fuentes de alimentación para la humanidad y dada su capacidad de adaptación y producción por unidad de superficie, se establece en la mayor superficie agrícola en el mundo, bajo el más amplio intervalo longitudinal y latitudinal. La amplia distribución y producción obedece a la diversa utilidad del grano, ya que es fuente de materia prima para un extenso número de productos industriales, destino que difiere respecto al centro de origen.

En México, el grano, a diferencia de los principales productores de este cereal (Estados Unidos y China), se emplea para consumo humano, y se produce en una amplia variedad de condiciones ambientales y agrícolas. Según el SIAP (2021), la superficie sembrada en 2021, en México fue de 7.4 millones de ha (26 % del área nacional agrícola); de estas, en el 91.7 % se estableció maíz blanco, en 7.36 % amarillo y 0.93 % de otros maíces, principalmente de especialidad (SIAP, 2022).

El cultivo se establece bajo dos modalidades hídricas: riego y temporal; en la primera solo el 20 % de la superficie y el resto (80 %) bajo temporal. La producción en condiciones de riego ocurre principalmente en los estados del centro y norte del país, particularmente en Chihuahua, Guanajuato, Jalisco y Sinaloa, donde se desarrolló infraestructura para este propósito, siendo Jalisco el principal productor, aportando el 13.1 % de la producción nacional, seguida por Sinaloa con 12.7 %, aunque los mejores rendimientos se han registrado en Chihuahua con un rendimiento promedio de 16 toneladas por hectárea (SIAP, 2022).

La producción bajo condiciones de temporal ocurre en prácticamente cada estado, excepto Baja California (SIAP, 2022). El intervalo de precipitación anual bajo el cual se estableció el cultivo, en el ciclo 2019, fue de 332 mm en Coahuila a 2184 mm en Tabasco (CONAGUA, 2019). Bajo esta modalidad, Chiapas, Veracruz y Jalisco muestran la mayor superficie establecida, con más de 500 mil ha, seguidas de Oaxaca, Puebla, Guerrero y México, con más de 400 mil ha y con una menor superficie sembrada bajo esta modalidad, se encuentra el estado de Sonora con 1,530 ha.

En la producción bajo temporal destaca Jalisco, con un rendimiento medio de 6.5 t ha⁻¹, donde la precipitación es de 843 mm anuales, con una distribución prácticamente homogénea durante la temporada de lluvias. Morelos, Colima, Nayarit y Michoacán presentan rendimientos medios de 3.5 t ha⁻¹, con precipitación entre 850 a 1200 mm. Aguascalientes, Yucatán y Coahuila muestran los menores rendimientos (0.70 t ha⁻¹); sin embargo, Coahuila fue el estado con la menor precipitación anual (332 mm) bajo la cual se cultiva maíz.

En la producción de maíz bajo condiciones de riego, la adopción de semilla mejorada, principalmente híbridos, ha demostrado mejoras en el rendimiento y superioridad con respecto a las poblaciones nativas; además, este grano es quién satisface y abastece las necesidades de la agroindustria mexicana. Sin embargo, para condiciones de temporal, las poblaciones nativas han sido el único recurso disponible y viable para los pequeños productores y campesinos,

principalmente en áreas donde es errático y la humedad es restrictiva para la producción. De acuerdo con Vázquez-Carrillo *et al.* (2010), en México existen condiciones para la producción tales que solo algunas poblaciones nativas podrían sobrevivir y donde las variedades mejoradas no tendrían oportunidad de hacerlo, es por ello que se opta por poblaciones nativas.

Los productores quienes han seleccionado sus poblaciones de acuerdo con sus necesidades y destino de la producción han demostrado que estos maíces presentan menor riesgo agrícola, dada la adaptación a las condiciones climáticas locales, estabilidad ante la variabilidad climática, uso de menor cantidad de insumos para la producción y aptitud para la elaboración de las preparaciones culinarias tradicionales (Fernández *et al.*, 2013). En cuanto a recursos fitogenéticos es bajo estas condiciones y bajo el resguardo de los pequeños productores y campesinos donde se encuentra la amplia diversidad del maíz en México.

El grano de las poblaciones nativas se emplea principalmente para autoconsumo en la elaboración de tortillas, aunque también, para innumerables preparaciones culinarias tradicionales, siendo el maíz uno de los elementos fundamentales de la cocina nacional y el principal sustento de miles de familias rurales mexicanas. No obstante, ante la “modernización” y los intereses económicos de la industria alimentaria, la sociedad ha adoptado una dieta rica en alimentos procesados, poco saludables y ricos energéticamente; paralelamente, ha disminuido el consumo de platillos tradicionales derivados del maíz y en general de la milpa (Gálvez-Mariscal y Bourges-Rodríguez, 2012). Esta modificación alimenticia, además de provocar efectos negativos en la población, ha promovido el desuso de los maíces nativos; esto fue corroborado por la CEDRSSA (2019), quien determinó que actualmente el 45 % de la tortilla derivada de harina industrializada. No obstante, los maíces nativos poseen una gran diversidad genética y potencial para producir alimentos nutrimentalmente valiosos y funcionales (Serna-Saldivar *et al.*, 2013).

Entre las poblaciones de maíz nativo, existen aquellas con variación en el color del grano: amarillo, anaranjado, rojo, rosa, azul, morado, negro y café y sus variantes dentro de los mismos. Según Pazca *et al.* (1991), los maíces pigmentados están presentes en 41 razas, ya sea por el color en el grano o bien por la presencia de antocianinas en hojas, tallo y mazorca. Entre las poblaciones pigmentadas también existe variación en sus pigmentos, los cuales les confieren propiedades fitoquímicas únicas (Serna-Saldivar *et al.* 2013). Entre los pigmentos asociados a maíz, existen principalmente dos grandes familias: las antocianinas y los carotenoides. Los maíces con carotenoides (amarillos) se establecen ampliamente alrededor del mundo, como fuente principal de alimento animal, mientras que aquellos con antocianinas se encuentran en áreas restringidas.

El maíz amarillo es rico en carotenoides: carotenos y xantofilas; entre los primeros, el β -caroteno, es un importante antioxidante que es convertido en la forma activa de la vitamina A o retinol, considerada como la de mayor relevancia en nutrición humana porque previene la ceguera total y nocturna, y otras enfermedades como xeroftalmia, cáncer, enfermedades cardiovasculares, y también ayuda a reforzar el sistema inmune. Las xantofilas, luteína, zeaxantina y criptoxantina ayudan a prevenir la degeneración macular asociada con la ceguera, especialmente en adultos mayores (Serna-Saldívar *et al.*, 1990; Serna-Saldívar, 2009; Serna-Saldívar, 2012).

Actualmente, dada la necesidad de mejorar la calidad de la salud humana, las propiedades bioactivas nutrimentales de los maíces pigmentados (carotenoides y antocianinas) han despertado el interés científico, donde se ha encontrado una amplia variación y riqueza; sin embargo, dada la vasta distribución del maíz en México, algunas regiones geográficas aún no se han documentado.

El estado de Coahuila, en el contexto nacional, no es considerado un estado productor agropecuario importante, esto asociado con el clima predominantemente adverso y los tipos de suelo de aptitud agrícola baja (SIAP, 2018); sin embargo, según el SIAP (2021), en el ciclo primavera verano 2021,

se establecieron 25,420 has con maíz, de las cuales 350 has se destinaron a forraje, principalmente en la región Laguna; para grano se establecieron 22,867 has, de las cuales el 85 % se establecieron bajo condiciones de temporal (21,905 has), y de esta superficie el 97 % se concentra en cinco municipios del sureste del estado: Saltillo, General Cepeda, Arteaga, Parras y Ramos Arizpe.

En la región sureste de Coahuila, según Aguirre *et al.*, (2010), la producción de maíz se encuentra en 8,915 unidades agrícolas, de donde el 93 % de los productores siembra con el propósito de obtener grano y forraje, y el 80 % de la producción se destina al consumo familiar y de su ganado. El cultivo se lleva a cabo con poblaciones nativas, mismas que han sido adaptadas a las restrictivas condiciones de producción prevalecientes; sin embargo, una de las amenazas para este sistema de producción y por lo tanto para los recursos fitogenéticos, además del factor climático, es la avanzada edad de los productores (57 años) y la escasa participación de los jóvenes en el sistema de producción (Aguirre *et al.*, 2010).

En el estado de Coahuila, de acuerdo con Rincón *et al.* (2010), la diversidad de las poblaciones nativas se encontró agrupada a través de siete grupos raciales: Celaya, Cónico Norteño, Olotillo, Ratón, Tuxpeño Norteño, Tuxpeño, Elotes Cónicos. Las poblaciones nativas se encontraron en un intervalo de alturas de 248 a 2557 msnm. Por la frecuencia de las poblaciones predomina el grupo racial Cónico Norteño, Ratón y Tuxpeño Norteño, y el mayor potencial de rendimiento, según Nájera *et al.* (2010), se encontró en Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Ratón; adicionalmente en colectas posteriores se encontró representada la raza Elotes Occidentales (comunicación personal Con el Dr. Froylán Rincón Sánchez).

De acuerdo con el catálogo de los maíces nativos de Coahuila (Rincón *et al.*, 2010) en las colectas resguardadas en el Centro de Conservación de Semillas Ortodoxas, Región Norte, del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, existen accesiones con variantes de maíces pigmentados o con frecuencia elevada de grano pigmentado; estas poblaciones, por su

adaptación a las condiciones de producción regional pueden ser la base del mejoramiento genético de variedades para la producción de grano con contenidos bioactivos nutricionales adecuados para la elaboración de alimentos de calidad. Con este panorama, la evaluación planteó la identificación y selección de las accesiones de maíz nativo pigmentado y la caracterización agronómica de las mismas bajo las condiciones de producción regionales. Para lo cual se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivos General

- Realizar la evaluación agronómica y caracterización de la mazorca de poblaciones nativas de maíz con frecuencia elevada de granos con pigmentación amarilla del estado de Coahuila.

Objetivos específicos

- Identificar poblaciones nativas de grano amarillo con potencial para la producción de grano bajo las condiciones del Sureste de Coahuila.
- Realizar la caracterización de la mazorca de poblaciones nativas de grano amarillo del sureste de Coahuila.

Hipótesis

H_a: Los maíces nativos de Coahuila mostrarán variación fenotípica, asociada con su origen racial y ecológico, lo cual permitirá la identificación y selección de poblaciones con mayor potencial de rendimiento de grano para las condiciones ambientales del sureste de Coahuila y con una expresión deseable de la pigmentación del grano.

H₀: Los maíces nativos de Coahuila no mostrarán variación fenotípica, asociada con su origen racial y ecológico, ni permitan la identificación y selección de poblaciones con mayor potencial de rendimiento de grano para las condiciones ambientales del sureste de Coahuila.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen, domesticación y diversificación del maíz

A México se le considera como centro de origen, domesticación y diversificación de la especie del maíz; la diversidad de esta puede apreciarse tanto en las diferentes formas y tamaños de las mazorcas como en la variedad de texturas y colores de sus granos (CONABIO, 2020). En México se han documentado 64 razas, 59 de las cuales se consideran nativas (Wellhausen *et al.*, 1951).

El origen del maíz fue controvertido desde sus inicios, a finales del siglo XIX, cuando se propuso que la planta de teocintle era el ancestro del maíz. En la actualidad, la teoría multicéntrica del origen del maíz parece explicar adecuadamente el origen de la amplia variación racial y su distribución geográfica existente en México (McClintock, 1978; Kato 2005).

Sobre el origen del maíz, una teoría fue recientemente propuesta por Kato *et al.* (2009), quien con base en la constitución de los nudos cromosómicos de los maíces y teocintles de América consideró que el maíz fue originado y domesticado en varias regiones entre México y Guatemala (Mesoamérica), es decir, que el maíz tuvo un inicio multicéntrico, determinando cinco centros de diversificación que fueron definidos acorde a los de origen-domesticación: 1) Mesa Central de México, que dio origen al Complejo Mesa Central; 2) región de altura media de Morelos, México, Guerrero y sus alrededores, que originó el Complejo Pepitilla; 3) la región centro-norte de Oaxaca, que originó el Complejo Tuxpeño; 4) el territorio entre Oaxaca y Chiapas de donde resulta el Complejo Zapalote y 5) la región alta de Guatemala, del cual surgió el Complejo Altos de Guatemala.

Situación actual del maíz

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México dada la superficie, producción y valor económico generado (SIAP, 2020); es una de las principales fuentes de alimento, principalmente en forma de tortillas y se estima un consumo promedio anual *per cápita* de 335.8 kg; provee 38.8% de las proteínas y 45.2 %

de las calorías diarias necesarias, especialmente en la población rural (Fernández-Suárez *et al.*, 2013).

Según el SIAP (2022), en el año 2021, de maíz se establecieron 7.4 millones de hectáreas que representaron el 41.4 % de la superficie nacional agrícola establecida.

La superficie establecida con maíz ocurre bajo dos condiciones hídricas. En 2020, según el SIAP (2021), 20 % se estableció bajo condiciones de riego y el resto en condiciones de temporal; Jalisco muestra el mayor rendimiento (6.54 t ha⁻¹) en modalidad de secano. El estado con menor superficie establecida de este cultivo en esta modalidad es el estado de Sonora con 1,530 has, aunque el 75 % de la superficie fue siniestrada. Durango, Coahuila y Aguascalientes fueron los estados con mejor rendimiento (<0.5 t ha⁻¹) a nivel nacional, deficiencia que se asoció con la escasa precipitación anual (< 500 mm). De la superficie establecida bajo temporal el 65% se cultiva con maíces nativos (Guadarrama *et al.*, 2014).

De acuerdo con las cifras del USDA (2021), México ocupa el Séptimo lugar como productor mundial con una producción de 27.6 millones de toneladas. La producción básicamente se concentra en grano con un 91.7 % en maíz blanco, en 7.36 % amarillo y 0.93 % de otros maíces, aunque cada vez más se promueven los maíces para especialidades (Keleman y Hellin, 2013), principalmente nativos; la producción satisface las necesidades de maíz blanco y solo el 24 % del consumo de maíz amarillo, el cual se usa principalmente en la alimentación animal (77.2 %) (Panorama Agroalimentario, 2020).

La producción de maíces para especialidades incluye aquellos de grano pigmentado. Por sus características culinarias como el color, sabor y textura son muy apreciados por los consumidores para la elaboración de varios platillos típicos (Hellin *et al.*, 2013). Por la superficie sembrada y producción obtenida, destaca el Estado de México (11,086 ha) y Chiapas (8,019 ha) (SIAP, 2018). No obstante, los maíces pigmentados son frecuentes en cada localidad donde se establece maíz nativo.

Situación del maíz en Coahuila

El estado de Coahuila de Zaragoza está ubicado dentro de la región Noreste de México; su extensión territorial representa 7.7 % del área total del país, donde la mitad de este territorio (49 %) presenta un clima seco, el 46 % muy seco y el restante 5 %, muestra un clima templado subhúmedo en las áreas serranas de la entidad; la temperatura media anual varía entre 18 y 20 °C; las lluvias son escasas y se presentan durante el verano, acumulando apenas 316 mm en 2019 (INEGI, 2020).

Coahuila no es considerado un estado productor agropecuario importante. De la superficie estatal agrícola, la mayoría se encuentra principalmente establecida con pastos y en praderas, seguida de maíz. En el caso de maíz, de acuerdo con el SIAP (2021), en el ciclo agrícola 2020, en el estado de Coahuila se establecieron 46,816 has; de las cuales 25,110 se establecieron para grano y 21,706 ha para forraje. Del maíz para grano más del 86 % (21,536 ha) se establece en condiciones de temporal y el resto bajo riego; el 81 % del forraje se estableció bajo condiciones de riego.

La producción de maíz para grano bajo condiciones de temporal se establece principalmente con maíces nativos. Los municipios con mayor superficie sembrada bajo temporal fueron Saltillo (12,260 ha), General Cepeda (4,150 ha), Arteaga (4,044 ha), Parras (3,000 ha) y Ramos Arizpe (2,041 ha). De acuerdo con Aguirre *et al.* (2009) la siembra de maíz constituía una de las principales actividades productivas y contribuía con el 22 % del ingreso total familiar, donde la producción se destina al autoconsumo humano y a la alimentación del ganado.

Sobre el maíz nativo en Coahuila, Rincón *et al.* (2010) realizó el estudio de la diversidad y distribución de los maíces nativos, el estudio más actualizado y completo para el estado sobre maíz nativo; en su estudio, mostraron que la especie se encuentra representada por siete grupos raciales: Celaya, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Olotillo, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño; en estudios posteriores se registró la presencia de Elotes Occidentales.

La diversidad del maíz nativo de Coahuila se encontró en 70 localidades, asociadas a 23 municipios del estado; las poblaciones se encontraron en una variación altitudinal desde 248 a los 2557 msnm, resguardadas por 75 agricultores. Las poblaciones dado el origen ecológico se agruparon mediante la altitud de procedencia: bajas (0-1000), intermedias (1001-1800), transición (1801-2000) y de altura (más de 2000) (Rincón *et al.*, 2010).

El maíz pigmentado en México

El maíz (*Zea mays* L.) forma parte del patrimonio biológico y cultural de México. Las variantes de grano de color, los llamados maíces pigmentados, continúan sembrándose en México como poblaciones nativas. Los colores predominantes en las poblaciones son el blanco y amarillo, mientras que el azul, rojo y los pintos no son tan frecuentes. Este comportamiento está relacionado con la mayor demanda del grano blanco en el mercado, mientras que los demás colores comúnmente se destinan al autoconsumo (Brush y Perales, 2007).

Entre los maíces pigmentados dos tipos de pigmentos se encuentran ampliamente distribuidos, las antocianinas y los carotenoides. En los maíces azules, rojos y morados la pigmentación se debe a la presencia de compuestos fenólicos, sobre todo de antocianinas que poseen propiedades antioxidantes benéficas para la salud (Salinas *et al.*, 2012). El maíz amarillo debe su pigmentación al contenido de carotenoides, particularmente el β -caroteno, que es un precursor de la vitamina A (Serna *et al.*, 2011).

Los pigmentos en maíz se encuentran en la capa de aleurona del endospermo y en el pericarpio; en estas estructuras se almacenan la fibra, carbohidratos, proteínas y las grasas a adherencia en las gomas principalmente y menos concentración de aceites (Santiago-Ramos *et al.*, 2018) los factores que intervienen en la concentración de los aceites son las cantidades del agua y el tipo de suelo (Torres-Morales *et al.*, 2010). La luteína y zeaxantina son carotenoides de mayor frecuencia en el maíz.

Los grupos raciales del maíz nativo del estado de Coahuila

El término grupo racial se ha utilizado en el maíz y en las plantas cultivadas para agrupar individuos que comparten características en común y que permiten diferenciarlas como grupo (Anderson y Cutler, 1942, Harlan y de Wet. 1971, Hernández y Alanís 1970).

Las razas se distinguen a partir de sus características fenotípicas, tipo de grano, por el lugar o región donde inicialmente fueron desarrolladas por el nombre con que son conocidas por los grupos indígenas o mestizos que las cultivan (Wellhausen *et al.*, 1951).

Los grupos raciales en las cuales se encontraron poblaciones con frecuencia alta de grano pigmentados fueron las siguientes:

Cónico Norteño

La raza se considera una variante de la raza Cónico, adaptada a la zona templada semiárida del Norte del país; se distribuye ecológicamente en áreas con altitudes de más de 2,000 m (Sánchez, 2011). El grupo Cónico es uno de los más característicos y endémicos de México (Anderson 1946, Sánchez *et al.*, 2000) donde el grano se destina a una diversidad de usos alimenticios. Sus características de adaptación lo han convertido en el único material disponible para las condiciones de limitada precipitación y temperaturas extremas de la región mencionada (Avendaño *et al.*, 2005, Ortega 1977, CONABIO 2010).

Ratón

Se considera como una raza de maduración temprana con adaptación a clima subtropical y en zonas semidesérticas con áreas de temporal y riego; se cultiva en un amplio rango altitudinal. Predomina el color blanco, aunque existe variación de coloraciones (CONABIO, 2010; CONABIO, 2011; Ortega, 1985a). Las variantes de la raza se consideran de amplio potencial para el mejoramiento genético de la tolerancia a altas temperaturas (Gámez *et al.*, 1996; Ortega, 1985a; CONABIO, 2010). Se distribuye principalmente en la región semiárida de la Altiplanicie mexicana, cultivándose principalmente en los estados de: Nuevo

León, Tamaulipas, Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí y recientemente reportada en áreas de Veracruz, Guerrero y Morelos (CONABIO, 2011; Sánchez, 2011). Debido a su capacidad de adaptación en condiciones de baja precipitación y precocidad, se considera a esta raza como una fuente importante de genes para el desarrollo de materiales en zonas con variaciones climáticas importantes. (Muñoz, 2003; Ortega, 1985; CONABIO, 2010).

Tuxpeño

La raza se distribuye ampliamente en las partes bajas tropicales en condiciones de secano, y en las subtropicales bajo riego, aunque presenta mayor diversidad hacia la vertiente del Golfo de México y particularmente en el sureste mexicano; predomina su cultivo en primavera-verano y áreas con disposición de riego permiten su cultivo en el ciclo otoño-invierno.

Tanto por sus atributos como por su empleo en el mejoramiento genético está ampliamente distribuida en el país, generalmente en altitudes por debajo de los 1,500 m (CONABIO 2010, 2011). En la coloración del grano predomina el color blanco, aunque puede presentar diversos colores.

Tuxpeño Norteño

La raza presenta similitudes con el Tuxpeño, aunque de ciclo menor, adaptada a regiones subtropicales bajo condiciones de secano y en condiciones de riego.

Con frecuencia presenta poblaciones con muy buenas características agronómicas y alta capacidad de producción, recientemente está siendo desplazado en gran parte por híbridos comerciales (Ortega 1985a, CONABIO 2010).

Elotes Cónicos

Se cultiva principalmente en la Mesa Central: Estado de México, Michoacán, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y partes altas y frías de Veracruz y en la Mixteca de Oaxaca, a alturas de 1,700 a 3,000 msnm (Aragón *et al.*, 2006, Hernández 2010, Wellhausen *et al.*, 1951).

Por sus características de color y textura de grano es muy apreciada para elotes ya que son más dulces y blandos que otros maíces de la raza Cónico con los cuales coincide en su distribución. Tiene alto potencial por su alta producción de pigmentos (CONABIO 2010, Wellhausen *et al.*, 1951). Los colores pintos son una manifestación del efecto de xenia por la presencia de maíces vecinos de diferente color (Kato *et al.*, 2009).

Celaya

Raza considerada parte del mejor germoplasma de maíz de América por su rendimiento, aptitud combinatoria y rango de adaptación (800 a 1,800 m) (Wellhausen *et al.*, 1951).

Su distribución ocupaba ampliamente el Bajío y Jalisco, así como el uso de híbridos combinados con germoplasma de esta misma raza, la emigración, entre otras causas, han disminuido su cultivo, no obstante, se siguen manteniendo variantes precoces (CONABIO 2010, 2011; Preciado *et al.*, 2010; Wellhausen *et al.*, 1951).

Ha sido una de las principales fuentes y base genética de los materiales mejorados de valles intermedios y subtrópico de México (Gámez *et al.*, 1996; CONABIO 2010,). Algunas poblaciones de esta raza han servido de fuente de germoplasma en la formación de variedades mejoradas e híbridos.

Olotillo

Grupo de maíces de maduración tardía, se cultivan en un amplio rango de altitud. Son muy sensibles al fotoperiodo y la temperatura (Stevenson y Goodman 1972). Su principal centro de distribución es el alto Grijalva en Chiapas, pero su presencia e influencia se extiende a las regiones costeras, laderas adyacentes y la vertiente del Golfo de México (CONABIO 2010, 2011, Gómez *et al.* 2010, Wellhausen *et al.*, 1951). Adaptada al trópico húmedo y seco, tolerante a las condiciones edáficas presentes en estas regiones, y con una importante adaptación al sistema milpa presente en estas zonas de producción (CONABIO 2010, 2011, Bellon y Risopolous 2001, Wellhausen *et al.*, 1951).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético evaluado consistió en 27 poblaciones de maíz nativo amarillo del estado de Coahuila; las poblaciones pertenecen a la colección del estado resguardadas en el Centro de Conservación de Semillas Ortodoxas Región Norte, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Las poblaciones fueron elegidas por presentar frecuencia elevada de granos amarillos (pigmento carotenoide). En la evaluación se incluyeron como testigos, una población del grupo racial Bolita, obtenida en el estado de Oaxaca, la cual se consideró una fuente de pigmentación amarilla y precocidad, y 2 complejos genéticos (POOL33 y POOL34) obtenidos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (Cuadro1).

Cuadro 1. Grupo racial, número de poblaciones por grupo y área de adaptación de poblaciones de maíz nativo con frecuencia elevada de pigmentación amarilla presentes en el estado de Coahuila.

Grupo racial	Poblaciones Amarillas	Área de adaptación (Altitud)
Tuxpeño	10	Baja, Intermedia
Tuxpeño Norteño	4	Baja, Intermedia
Ratón	8	Baja, Intermedia
Cónico Norteño	3	Altura, Transición, Intermedia
Olotillo	1	Intermedia
Celaya	1	Intermedia
Bolita	1	Intermedia
CIMMYT	2	Altura, Intermedia
Total	30	

Altura (> 2000 m); Transición (1801-200); Intermedio (1001-1800 m); Bajas (0-1000 m).

Ubicación del sitio experimental

La evaluación agronómica se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano (PV) 2019 en dos localidades contrastantes representativas de las condiciones ambientales y agrícolas de la región en el sureste del estado de Coahuila: El Mezquite, municipio de Galeana, Nuevo León, ubicada a 10 km de los límites de Saltillo, Coah., y General Cepeda, Coah. Las evaluaciones se llevaron a cabo bajo condiciones de riego. La localización geográfica, la temperatura y la precipitación mensual durante la temporada de lluvias de cada localidad se presentan en el cuadro 2 y 3, respectivamente.

cuadro 2. Coordenadas geográficas de las localidades de evaluación, 2019

Coordenadas geográficas	General Cepeda, Coahuila.	El Mezquite, Galena, N. L.
Latitud Norte	25° 26' 00''	25° 05' 22''
Longitud Oeste	101° 27' 00''	100° 42' 31''
Altitud (msnm)	1457	1910

Fuente: Georreferenciación

Cuadro 3. Datos climáticos mensuales de las localidades, durante el ciclo de evaluación de los experimentos, 2019.

Descripción climática	Localidad	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Media
Temperatura	El Mezquite	34.0	32.0	34.0	31.5	32.0	32.7
Máxima (°C)	Gral. Cepeda	39.0	37.0	38.0	35.0	36.0	37.0
Temperatura	El Mezquite	20.8	19.7	21.4	19.1	17.6	19.7
Media (°C)	Gral. Cepeda	26.6	25.9	26.7	23.5	21.4	24.8
Precipitación	El Mezquite	38.0	63.6	32.1	90.6	17.0	241.0*
(mm)	Gral. Cepeda	64.0	36.0	47.0	23.0	2.0	172.0*

Fuente: CONAGUA (2019). *Precipitación acumulada durante el ciclo del cultivo

Diseño experimental

La evaluación en campo se estableció empleando un diseño experimental de bloques incompletos con arreglo alfa látice (0,1) (Barreto *et al.*, 1997), con dos repeticiones por localidad. El diseño fue generado con el software CropStat (IRRI, 2007). La unidad experimental estuvo constituida por un surco de 4 m de largo, donde se sembraron 30 semillas espaciadas a una distancia de 20 cm entre plantas, para posteriormente aclarar y dejar 21 plantas por parcela, la distancia entre surcos fue de 85 cm en ambas localidades.

Manejo agronómico del experimento

La siembra en cada localidad se realizó en dos fechas de siembra; cada repetición se estableció en fechas diferente; la siembra en la localidad de El Mezquite fue a los días 21 de mayo y 1 de junio; en General Cepeda fue los días 16 y 26 junio del 2019. En la localidad de El Mezquite se sembró en húmedo con riego previo, en contraste con la localidad de General Cepeda, donde la siembra se realizó en seco, con riego posterior.

La dosis de fertilización en ambas localidades fue 120N-60P-60K; se aplicó el 50 % de nitrógeno y el 100 % de fosforo y potasio al momento de la siembra; el complemento del nitrógeno se aplicó previo al aporque; las fuentes fertilizantes fueron triple 17 (17-17-17) y urea (46-00-00).

En ambas localidades la evaluación se estableció bajo condiciones de riego; la frecuencia de este se definió de acuerdo con las necesidades del cultivo y de las condiciones meteorológicas prevalecientes de cada localidad.

Las labores culturales como la aplicación de insecticidas y herbicidas, así como el aclareo, la escarda y el aporque fueron realizadas de acuerdo con el desarrollo y necesidades del cultivo en cada localidad de estudio.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas para realizar la caracterización agronómica fueron las que a continuación se describen:

Altura de planta (ALPTA) (cm): Se obtuvo de una planta promedio con competencia completa en cada repetición, considerando la longitud desde la base del tallo hasta la lígula de hoja bandera.

Altura de mazorca (ALTMAZ) (cm): En la planta promedio, se definió la longitud desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca principal.

Días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF): Se obtuvieron a partir del conteo de los días transcurridos desde la siembra hasta el 50 + 1 % de las plantas de la parcela se encontraron en anthesis y correspondiente, la femenina cuando los jilotes presentaban estigmas, respectivamente.

Asincronía de la floración (ASF): Se estimó como la diferencia entre días a floración masculina y días a floración femenina.

Humedad (HUM): Es el contenido de agua en la semilla al momento de cosechar. Esta medida se expresa como porcentaje y se determinó a través de un medidor de humedad Dickey John, a partir de una muestra aleatoria de granos de varias mazorcas durante la cosecha.

Porcentaje de desgrane (PD): Se estimó entre la relación existente entre el peso del grano y el peso de la mazorca.

Plantas no productivas (PNP): Se obtuvo a partir del registro de las plantas que no produjeron mazorcas.

Rendimiento de grano (RTO, en t ha⁻¹ y ajustado a 14 % de humedad): Se estimó considerando el porcentaje de desgrane y el peso seco (PS) con un factor de conversión (FC) considerando el siguiente procedimiento:

Para estimar el peso seco (PS) se multiplicó el peso de campo del grano por el contenido de humedad en la unidad experimental:

$$PS = PC \times [1 - (HUM / 100)]$$

Posteriormente, el PS fue multiplicado por un factor de conversión (FC) para estimar el rendimiento de grano en t ha⁻¹, al 14 % de humedad, de la siguiente manera:

$$FC = [(100 / 86) \times (10,000 / APU)] / 1,000$$

Dónde:

Área de parcela útil (APU), fue determinada mediante el número de plantas por unidad experimental por la distancia entre plantas por la distancia entre surcos (21 x 0.20 x 0.85 m); 100/86, coeficiente para obtener el rendimiento al 14 % de contenido de humedad del grano; 1,000, es un valor, constante usado para calcular el rendimiento en t ha⁻¹; 10,000, es la superficie de una hectárea en m².

Análisis de la información

Con la información obtenida de cada experimento, se realizó el análisis de los datos agronómicos mediante un análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental (Manual versión 2.5 SAS), donde se probaron los efectos de las localidades, genotipos, y la interacción correspondiente; mismos que fueron considerados efectos fijos y el resto de los efectos como aleatorios. En un análisis complementario para los efectos fijos se realizó la prueba de comparación de medias a través de la prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

El modelo lineal utilizado para el análisis de la información agronómica se describe a continuación:

$$y_{ijklm} = \mu + l_i + r_{j(i)} + b_{k(ij)} + g_l + e_{m(l)} + lg_{il} + le_{im(l)} + \varepsilon_{ijklm}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta; μ = Efecto de la media general; l_i = Efecto de la i -ésima localidad; R_j = Efecto de la j -ésima repetición dentro de localidad; $b_{k(ij)}$ = Efecto del k -ésimo bloque dentro de la j -ésima repetición en la i -ésima localidad; g_l = Efecto del l -ésimo grupo; $e_{m(l)}$ = Efecto de la m -ésima población dentro del l -ésimo grupo; lg_{il} = Efecto de la interacción de la i -ésima localidad por el l -ésimo grupo; $le_{im(l)}$ = Efecto de la m -ésima población dentro del l -ésimo grupo por el la i -ésima localidad; ε_{ijklm} = Error experimental.

A partir de las mazorcas cosechadas en campo, se tomó una muestra de dos mazorcas representativas de la población con las cuales se realizó la caracterización de la mazorca, mediante las siguientes variables:

Diámetro del olote (DOLO): Una vez desgranada la mazorca, con un vernier se midió lo ancho del olote, a la mitad del olote; unidad expresada en cm.

Espesor del grano (ESPG): Se tomó la semilla, con un vernier se midió el grosor de la semilla en mg.

Ancho del grano (ANG): Se obtuvo midiendo la longitud del grano expresado en mg.

Granos por hilera (GHIL): Se contaron los granos de una hilera de la mazorca desde la base hasta el ápice.

Longitud del grano (LGG) ancho (ANG) y espesor (ESPG): Con 5 granos de la parte media de la mazorca, se midió, con una regla, la longitud del grano, a partir del pedicelo hasta la base el endospermo, en mg.

Peso de cien semillas (P100S): Una vez desgranada la mazorca se contaron cien semillas y se pesaron en una balanza analítica, el resultado del peso se obtuvo en gr.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza de las características agronómicas y de la mazorca

Los resultados del análisis de varianza realizado para conocer la variación de las características agronómicas y de la mazorca estudiadas en las dos localidades contrastantes se muestran en los Cuadros 4 y 5.

Entre las localidades de evaluación, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en todas las variables estudiadas, tanto agronómicas como de la mazorca, excepto para el espesor del grano. La respuesta se debió a las características ambientales presentes en cada una y las cuales difieren considerablemente entre sí; resultados similares fueron obtenidos por Espinoza *et al.* (2019), quienes evaluaron 63 poblaciones originarias del sureste de Coahuila en las mismas dos localidades, y donde, el ambiente permitió identificar ocho poblaciones con potencial de rendimiento sobresaliente.

La variación fue amplia entre las ocho razas involucradas en el estudio, representadas por las 27 poblaciones. Al encontrar diferencias en la mayoría de las variables estudiadas (agronómicas y de la mazorca); solo la asincronía floral, las mazorcas podridas y las plantas no productivas no mostraron diferencias. Estos resultados mostraron la extensa diversidad genética entre los grupos raciales, acorde a sus características morfológicas y su adaptación a áreas ecológicas específicas.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de características agronómicas de poblaciones nativas de maíz amarillo evaluadas en localidades contrastantes del sureste de Coahuila.

FV	GL	RTO	DFM	ASF	ALPTA	ALMZA	PNP	HUM	MZPOD	PD
		t ha ⁻¹	d	d	cm	cm		%		g
Localidades (Loc)	1	376.0 **	11769.0 **	17.5 **	49406.0 **	13023.0 **	589.0 **	505.8 **	12.7 **	129.6 **
Repeticiones (Rep)/ Loc	2	4.1 *	75.7 **	1.4	1541.0 **	478.6	20.0 **	391.2 **	4.3 **	1.2
Bloques / (Rep x Loc)	8	0.9	2.8 *	0.6	424.5	139.1	5.3	25.8	0.3	7.9
Grupos	7	9.4 **	173.4 **	3.1	2335.0 **	1974.1 **	5.5	122.9 **	0.2	64.0 **
Poblaciones (Pob) /Grupos	22	1.4 *	24.5 **	2.1	473.7 **	313.0 *	5.3	58.0 **	0.3	12.5 **
Loc x Grupos	7	1.6	34.0 **	2.1	149.4 **	206.1	5.2	27.2	0.3	23.9 **
Loc x Pob / Grupos	22	1.0	6.1 *	0.9	307.3	107.7	5.0	17.3	0.5	8.6 *
Error	50	0.9	2.7	1.6	199.4	156.3	3.5	15.1	0.5	4.7
C.V. (%)		23.0	2.2	49.8	7.5	12.6	65	12.7	133.0	2.6

*, **: Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV: Fuentes de Variación; GL: Grados de Libertad; CV: Coeficiente de Variación; RTO = Rendimiento de grano; DFM= Días de floración masculina; DFF = Días de floración femenina; ASF = Asincronía floral; ALPTA = Altura de la planta; ALMZA = Altura de la mazorca; PNP = Plantas no productivas; HUM = Humedad; MZPOD = Mazorcas podridas; PD = Porcentaje de desgrane.

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza de características de la mazorca en poblaciones nativas de maíz amarillo evaluadas en localidades contrastantes del sureste de Coahuila.

FV	GL	NHIL	GHIL	LMZ cm	DMZ cm	LGG mm	ANG mm	ESPG mm	DOLO cm	PMAZ g	P100S g
Localidades (Loc)	1	23.3 **	964.7 **	149.8 **	988.3 **	78.0 **	10.0 **	0.2	268.6 **	94514.5 **	1586.7 **
Repeticiones (Rep)/ Loc	2	0.2	50.9 *	5.5	22.8 *	0.3	0.5	0.1	4.9	338.9	14.4
Bloques / (Rep x Loc)	8	1.8	18.3	1.8	4.5	0.9	0.3	0.2	1.5	238.6	23.4
Grupos	7	12.0 **	97.8 **	6.2 **	65.6 **	3.5 **	6.5 **	0.6 **	94.4 **	1587.6 **	67.6 **
Poblaciones (Pob) /Grupos	22	2.4	20.3	2.9	12.6 *	0.8	0.6 **	0.1	3.0	448.8	31.3 *
Loc x Grupos	7	2.3	38.7 *	7.2 **	34.9 **	3.9 **	1.1 **	0.0	10.3 **	1151.8 *	73.2 **
Loc x Pob / Grupos	22	1.6	22.2	3.1	7.9	0.8	0.2	0.1	3.5	342.5	15.0
Error	50	1.7	14.0	2.0	5.9	0.5	0.2	0.1	2.3	426.0	14.6
C.V. (%)		10.2	13.6	11.1	5.8	6.5	5.0	8.1	6.0	19.8	14.8

*, **: Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV: Fuentes de variación; GL= grados de libertad; CV= Coeficiente de Variación; NHIL= Número de hileras; GHIL= Número de granos en hilera; LMZ= Longitud de mazorca; DMZ= Diámetro de la mazorca; LGG= Longitud de grano; ANG= Ancho de grano; ESPG= Espesor de grano; DOLO= Diámetro del olote; PMAZ= Peso de la mazorca; P100S = Peso de cien semillas.

Las poblaciones dentro de los grupos mostraron variación ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.01$), como era de esperarse, particularmente en las características de la mazorca donde solo se observaron diferencias en el ancho del grano y en el peso de 100 semillas. Las limitadas diferencias se asociaron a su origen racial común, el cual está definido por características que comparten entre sí; sin embargo, cada población muestra diferencias en el comportamiento agronómico para la mayoría de las variables, excepto, ASF y MZPOD debido a la adaptación específica a su origen.

La interacción de los genotipos con localidades es una característica normalizada en el mejoramiento genético y esta se refiere a la respuesta diferencial de las poblaciones o los genotipos con respecto a las localidades de estudio. En este estudio, diferentes variables mostraron interacción significativa, lo cual se consideró normal al considerar el origen racial y ecológico de las poblaciones, que no es el mismo entre las poblaciones y que contrasta con al menos una localidad de evaluación.

Las características que no fueron afectadas por el ambiente, y que por lo tanto se consideraron estables, fue el espesor del grano, la asincronía floral, la altura de la mazorca y las plantas no productivas.

Finalmente, con base en el análisis de varianza se concluyó que existe la suficiente variación para poder realizar la caracterización de las poblaciones y la selección de las sobresalientes.

4.1.2. Efecto de las localidades de evaluación

En el Cuadro 6 se presentan los valores medios de las localidades de evaluación. Los resultados mostraron que el efecto ambiental de General Cepeda (GC) con respecto a El Mezquite (MZ), produjo disminución del 35 % en el RTO, 25 días de diferencia en DFM, ASF con diferencia de un día, 53.5 cm en ALPTA y un incremento significativo de plantas no productivas, de 0.4 a 5.4, y diferencia significativa en P100s de 7.4 g.

Los resultados obtenidos entre las localidades, si bien son contrastantes debidos a la altitud y la temperatura media mensual, estuvieron asociados a déficit hídrico y presencia de gusano cogollero en General Cepeda, donde el sistema de riego fue deficiente y el control de plagas no fue oportuno; no obstante, la respuesta en la localidad mostró lo adverso que puede ser la localidad bajo condiciones de temporal, es decir, sin riego es muy difícil obtener rendimiento de grano.

El efecto de la localidad produjo efectos significativos sobre las características morfológicas de las plantas, reflejado a través de la disminución significativa en el peso de la mazorca, en el incremento del número de plantas no productivas y por lo tanto en el rendimiento de grano.

Espinosa *et al*, (2019), bajo las mismas localidades de evaluación, encontraron diferencias en el rendimiento que asociaron con efectos ambientales definidos por el cambio climático.

Cuadro 6. Valores medios de características agronómicas y de la mazorca en poblaciones nativas de maíz evaluadas en el Sureste de Coahuila.

Características agronómicas									
Localidad	RTO t ha ⁻¹	DFM	ASF	ALPTA cm	ALTMZ cm	HUM %	PNP	PD g	P100S g
El Mezquite	6.5 a [†]	88.8 a	-2.1 a	213.7 a	112.8	26.3 a	0.4 b	84.3	29.5 a
Gral.Cepeda	1.8 b	63.1 b	-3 b	160.2 b	84.2	20.6 a	5.4 a	82.6	22.1 b

Características de la mazorca									
	HIL cm	GHIL	LMAZ cm	DMAZ cm	LGG mm	ANG mm	ESPG mm	DOLO cm	PMAZ g
El Mezquite	13.3 a	31.2 a	14.2 a	44.8 a	11.8 a	8.8 a	4 a	26.8 a	137 a
Gral.Cepeda	12.5 b	24 b	11.5 b	38.9 b	10.1 b	8.1 b	3.9 a	23.6 b	71.6 b

†= Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$); RTO = Rendimiento de grano; DFM = Días a floración masculina; ASF = Asincronía floral; ALPTA = Altura de planta; ALTMZ = Altura de la mazorca; HUM = Humedad; PNP = Plantas no productivas; PD = Porcentaje de desgrane; P100S = Peso de 100 semillas; HIL=Número de hileras por mazorca; GHIL = Granos por hilera; LMAZ = Longitud de mazorca; DMAZ = Diámetro de mazorca; LGG = Longitud de grano; ANG = Ancho de grano; ESPG = Espesor de grano; DOLO = Diámetro del olote; PMAZ = Peso de mazorca; PSEM = Peso de semillas.

Ruiz *et al*, (2008) encontraron en su estudio que las poblaciones que pertenecen al Cónico Norteño se encuentran adaptadas a las áreas de transición-altura en altitudes superiores a los 1700 m; en tanto que las razas Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño tiene amplia capacidad para su adaptación: Ratón (0 - 1800 m), Tuxpeño (0 - 1950 m) y Tuxpeño Norteño (1400 - 1701). La conclusión a la que llegaron fue que en concordancia a su origen racial y su origen altitudinal, las poblaciones se expresaron acorde a las condiciones ambientes de su origen; sin embargo, a pesar de las diferencias y del potencial agrícola de cada nicho ecológico algunos grupos se pueden adaptar a diferentes ambientes donde cada población representa una importante fuente de diversidad genética, indispensable para la producción de alimento y un valioso recurso fitogenético con un alto valor potencial actual y futuro.

4.1.3 Comportamiento de las poblaciones nativas en El Mezquite, Galeana, Nuevo León

En los Cuadros 7 y 8 se muestran los valores medios de la expresión de las características agronómicas y de la mazorca de las poblaciones evaluadas en las localidades en El Mezquite, Galeana, N. L.

El Mezquite, por su altitud, se considera una localidad de transición, y muestra características ambientales acorde a su clasificación. En esta localidad, por el origen racial, las poblaciones que deberían haber mostrado mejor expresión serían aquellas de Cónico Norteño (Nájera *et al.*, 2010) no obstante, destacaron tres poblaciones con más de 8.0 t ha⁻¹ (UAN089, UAN069, UAN075) las cuales pertenecen a Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Celaya, respectivamente, estos grupos raciales se consideran de origen Bajo (0-1000 msnm) e Intermedio (1001-1800 msnm).

En seguida, ocho poblaciones mostraron rendimientos superiores a 7 t ha⁻¹, predominantemente de la raza Tuxpeño, lo cual se consideró destacado; también, las dos poblaciones testigo (POOL33 y POOL34) se encontraron en este segundo grupo de rendimiento, destacando el potencial de estas poblaciones mejoradas.

Nájera *et al*, (2010) obtuvieron resultados similares al evaluar 90 poblaciones de maíces nativos de Coahuila; estos autores encontraron que los grupos raciales Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Ratón fueron los de mayor potencial de rendimiento.

Los días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF) mostraron que el ciclo de las poblaciones fue principalmente intermedio (80 – 90 d), aunque para DFM el intervalo fue de 69.5 (Bolita) hasta 94.5 d (UAN083). Entre las poblaciones de mayor rendimiento se observó un ciclo intermedio y tardío (> 90 d), no obstante, es deseable un ciclo menor, dada la problemática regional asociada con la presencia de heladas tempranas y escasa precipitación.

La asincronía floral mostró diferencias de hasta 3 días y predominó la protandria, es decir, la flor masculina inicia la liberación de polen previo a la presencia de los estigmas. Si bien, la protandria es una expresión generalizada en maíz, para la producción de grano es deseable que exista la menor asincronía posible.

La altura de la planta y la mazorca no mostraron amplia variación, donde las plantas fueron principalmente de más de dos metros, con diferencias promedio de 20 cm, y la mazorca un metro por debajo de la altura total de la planta.

La humedad del grano mostró variación (19 – 33.5 %) y esta se asoció directamente con el ciclo de cada población, de esta manera, ciclos tardíos presentaron mayor humedad, en tanto que los ciclos intermedios presentaron menor humedad y viceversa; estos resultados coincidieron con lo obtenido por Nájera *et al*, (2010) quienes concluyeron que la expresión de los genotipos estuvo asociado a la localidad de evaluación.

En la variable plantas no productivas se encontró diferencia estadística significativa ($p \leq 0.01$) (Cuadro 4), con valores medios de 0.4 y 5.4 para las localidades El Mezquite y General Cepeda, Coah., respectivamente; sin embargo, para poblaciones nativas y aún en condiciones de producción adecuadas, la expresión de plantas no productivas se consideró dentro del límite aceptable.

El porcentaje de desgrane en cada población supero el 80 %, es decir, solo el 20 % del peso de la mazorca es olote y solo en dos casos fue del 90 % (UAN003 y UAN08); los porcentajes de desgrane estuvieron acorde a lo esperado para poblaciones nativas, que regularmente poseen grano profundo y olote delgado; esto contrasta con los materiales híbridos, donde el olote es demasiado grueso y el porcentaje de desgrane menor comparado con las poblaciones nativas. Comúnmente los productores de temporal consideran indeseable el olote grueso.

El peso de 100 semillas mostró variación donde las poblaciones del grupo racial Ratón mostraron mayores pesos, aunque el valor superior lo mostró Bolita; en contraste con el rendimiento de grano, las poblaciones de Tuxpeño mostraron peso de 100 semillas bajos; esto se consideró acorde a lo esperado dada la conformación morfológica del grano acorde al grupo racial. Esta característica también permitió una caracterización de la densidad del grano.

De acuerdo con los resultados obtenidos, Pecina *et al*, (2011) encontraron que poblaciones nativas independientemente del origen expresaron los mejores comportamientos en el ambiente de Valles Altos, donde las restricciones para la producción son limitadas, en contraste a los ambientes tropicales donde las poblaciones expresaron un menor rendimiento, dadas las restricciones. Los resultados obtenidos confirmaron la capacidad de adaptación de las poblaciones evaluadas, aunque también indicó que las poblaciones nativas no son genotipos de bajo potencial, sino el ambiente restrictivo en el que comúnmente se establecen.

Cuadro 7. Valores medios de características agronómicas evaluadas en El Mezquite, Galeana, Nuevo León en 2019.

Grupo Racial	Pob	RTO t ha ⁻¹	FM d	ASF d	ALPTA cm	ALTMZ cm	HUM %	PNP	PD g	P100S g
Tuxpeño	UAN044	6.1 *	89.0 *	-2.0 **	216.5	124.0 **	32.2 **	1.5 **	85.1	33.3 **
	UAN068	7.2 **	87.5	-1.0 *	224.5 **	112.0	24.3	0.5 **	80.8	26.5
	UAN078	7.8 **	88.5	-3.0 **	220.5 **	107.5	27.2 **	0.0	82.6	31.5
	UAN083	7.5 **	94.5 **	-2.5 **	214.0	116.5 **	32.8 **	0.0	87.2 **	23.5
	UAN089	8.9 **	93.0 **	-1.0 *	246.0 **	141.5 **	30.2 **	0.5 **	82.9	29.0
	UAN177	7.5 **	89.0 *	-3.0 **	222.0 **	125.0 **	22.9	0.0	80.8	30.0
	UAN182	6.9 **	92.5 **	-2.5 **	209.0	114.0	28.1 **	1.5 **	85.5 **	31.5
	UAN211	6.4 *	88.5	-1.0 *	214.5	99.0	23.3	0.0	81.6	29.0
	UAN213	6.1 *	89.5 *	-3.0 **	220.5 **	113.5	24.6	1.0 **	83.5	33.0 **
UAN215	7.3 **	92.5 **	-3.0 **	225.5 **	130.0 **	31.8 **	0.0	82.4	34.3 **	
Tuxpeño	UAN069	8.0 **	88.5	-2.0 **	194.5	109.5	23.4	0.0	83.7	30.3 **
Norteño	UAN178	6.3 *	90.5 **	-1.5 *	226.5 **	116.5 **	29.6 **	0.5 **	83.4	30.3 **
	UAN228	5.8	87.0	-1.5 *	186.5	94.0	22.1	0.0	81.9	28.5
	UAN231	6.4	91.5 **	-2.5 **	210.0	109.0	24.4	0.5 **	81.2	26.5
Ratón	UAN016	4.7	92.5 **	-3.0 **	196.5	106.5	27.4 **	0.0	82.0	23.0
	UAN070	6.4 *	88.0	-2.5 **	227.0 **	123.5 **	21.6	0.0	81.8	30.8 **
	UAN077	5.3	88.0	-1.5 *	210.0	121.0 **	24.7	0.5 **	85.3 **	27.3
	UAN079	6.7 **	90.0 **	-1.0 *	212.5	104.5	24.8	0.0	88.1 **	32.0 **
	UAN217	6.0 *	87.5	-2.0 **	215.0	108.5	26.1 *	0.0	82.8	32.8 **
	UAN223	7.0 **	89.5 *	-1.0 *	219.5 **	118.0 **	23.6	0.0	85.0 **	31.3 **
	UAN226	6.6 *	90.5 **	-3.5 **	227.5 **	124.5 **	29.1 **	0.0	86.5 **	28.0
	UAN238	6.1 *	87.0	-2.0 **	204.5	104.0	24.0	0.5 **	82.0	31.0 **
Cónico	UAN003	6.1 *	76.0	-1.0 *	205.0	114.5	23.0	0.5 **	90.5 **	31.0 **
Norteño	UAN007	4.4	79.5	-3.0 **	216.0	125.0 **	25.9	0.5 **	89.4 **	27.3
	UAN008	3.9	94.5 **	-1.5 *	267.0 **	151.0 **	32.3 **	0.5 **	90.0 **	26.5
Olotillo	UAN040	3.9	87.0	-1.0 *	191.0	85.5	22.9	0.5 **	84.7 *	24.3
Celaya	UAN075	8.3	98.0 **	-1.5 *	241.0 **	138.0 **	33.5 **	0.5 **	86.5 **	25.5
Bolita	Bolita	4.7	69.5	-3.0 **	160.5	71.0	19.4	1.0 **	87.7 **	41.8 **
CIMMYT	Pool33	7.9 **	94.0 **	-2.5 **	193.5	88.0	26.9 *	0.0	83.8	28.0
	Pool34	7.4 **	90.0 **	-2.0 **	192.5	89.0	27.3 **	0.0	81.9	27.5
	EE	0.2	1.01	0.1	3.6	3.1	0.6	0.08	0.5	0.6
	Media	6.5	88.8	2.0	213.7	112.8	26.3	0.3	84.3	29.4

*, **= Medias superiores de acuerdo con la μ + 1 y 2 EE, respectivamente; EE= Error estándar de la media; POB = Población; RTO = Rendimiento; DFM = Días a floración masculina; ASF = Asincronía floral; ALPTA = Altura de la planta; ALTMZ = Altura de la mazorca; HUM = Humedad; PNP = Plantas no productivas; PD = Porcentaje de desgrane; P100S = Peso de cien semillas al 14 %de humedad.

Cuadro 8. Valores medios de características de la mazorca medidas en El Mezquite, Galeana, Nuevo León en 2019.

Grupo Racial	Población	HIL	GHIL	LMAZ cm	DMAZ cm	LGG mm	ANG mm	ESPG mm	DOLO cm	PMAZ g
Tuxpeño	UAN044	12.5	31.3 *	13.3	46.2 **	12.3 **	9.4 **	3.9 *	27.6 **	143.3 **
	UAN068	13.5 **	33.3 **	15.0 **	44.6	11.0 *	8.8 *	4.0 **	27.2 *	138.0
	UAN078	12.5	32.8 **	14.9 **	44.7	11.4 *	9.3 **	4.0 **	28.6 **	148.3 **
	UAN083	14.0 **	33.8 **	15.2 **	41.9	11.7 *	8.0 *	4.1 **	25.5	124.3
	UAN089	13.5 **	35.3 **	15.9 **	46.2 **	11.6 *	8.8 *	4.0 **	28.1 **	162.0 **
	UAN177	12.5	35.3 **	15.6 **	47.9 **	11.5 *	9.4 **	3.8 *	30.0 **	154.9 **
	UAN182	12.5	31.5 *	14.9 **	44.9	12.0 **	9.3 **	3.8 *	27.1 *	139.2 *
	UAN211	12.5	31.8 **	13.6	47.1 **	12.3 **	9.8 **	3.7 *	30.3 **	139.2 *
	UAN213	13.0 *	29.3	13.3	45.3 **	11.4 *	9.1 **	4.1 **	28.9 **	145.3 **
UAN215	13.0 *	28.3	13.5	49.2 **	12.0 **	9.1 **	4.0 **	29.8 **	144.0 **	
Tuxpeño	UAN069	12.5	33.3 **	14.6 **	45.1 **	11.4 *	9.5 **	3.9 *	28 **	138.1
Norteño	UAN178	12.5	33.3 **	15.2 **	44.2	11.6 *	9.2 **	4.0 **	27.9 **	143.7 **
	UAN228	12.5	24.5	12.9	44.0	11.6 *	9.1 **	4.2 **	28.7 **	102.2
	UAN231	13.0 *	31.5 *	14.1 *	46.1 **	11.3 *	9.1 **	3.8 *	28.3 **	127.3
Ratón	UAN016	13.5 **	28.8	13.1	44.1	10.6	8.7 *	3.7 *	27.5 **	116.4
	UAN070	12.0	33.5 **	16.6 **	45.7 **	12.0 **	9.5 **	3.9 *	28.1 **	148.1 **
	UAN077	12.5	29.5	13.3	44.0	11.1 *	8.7 *	3.8 *	27.6 **	120.7
	UAN079	12.5	28.5	11.9	45.7 **	12.6 **	9.4 **	3.9 *	25.8	128.2
	UAN217	13.5 **	26.5	13.0	48.4 **	11.9 **	9.2 **	4.0 **	29.3 **	138.3
	UAN223	12.0	35.5 **	16.2 **	44.1	11.3 *	9.3 **	4.0 **	27.9 **	154.7 **
	UAN226	14.5 **	30.3	12.4	45.1 *	12.2 **	8.0 *	3.7 *	25.4	121.9
	UAN238	13.5 **	29.0	14.2 **	45.3 **	12.0 **	8.7 *	4.0 **	27.1 *	142.8 **
Cónico	UAN003	15.0 **	28.0	13.2	44.1	13.7 **	7.6	4.1 **	20.4	126.1
Norteño	UAN007	14.0 **	33.8 **	15.6 **	38.4	12.3 **	7.3	4.1 **	19.4	137.2
	UAN008	15.0 **	35.5 **	14.9 **	42.6	14.6 **	7.2	4.0 **	20.0	152.6 **
Olotillo	UAN040	12.5	31. *	13.5	39.5	10.7 **	8.3 *	3.7 *	23.6	107.8
Celaya	UAN075	15.0 **	37.8 **	14.8 **	46.3 **	11.9 **	8.1 *	3.6 *	25.6	152.9 **
Bolita	Bolita	13.5 **	21.5	12.1	47.3 **	12.8 **	9.4 **	4.5 **	26.4	128.0
CIMMYT	Pool33	15.5 **	32.5 **	16.6 **	44.6	10.4	8.2 *	4.7 **	29.3 **	150.5 **
	Pool34	14.0 **	29.5	14.7 **	41.1	10.5	8.2 *	4.3 **	26.5	133.3
	EE	0.18	0.64	0.2	0.4	0.1	0.1	0.0	0.5	2.6
	Media	13.3	31.2	14.2	44.7	11.8	8.7	3.9	26.8	137.0

*, **= Poblaciones superiores de acuerdo con la $\mu + 1$ y 2 EE, respectivamente; EE= Error estándar; POB = Población; HIL = Hileras por mazorca; GHIL = Granos por hilera de la mazorca; LMAZ = Longitud de la mazorca; DMAZ = Diámetro de la mazorca; LGG = Longitud de grano; ANG = Ancho de grano; ESPG = Espesor de grano; DOLO = Diámetro del olote; PMAZ = Peso de la mazorca; PSEM = Peso de la semilla al 14% de humedad de grano

Acorde a las características medidas en la mazorca, en El Mezquite, presentados en el Cuadro 8, se observó una relación directa entre características de la mazorca de expresión superior con el rendimiento de grano. Las poblaciones que presentaron los mejores rendimientos presentan los valores medios superiores en la mayoría de las características de la mazorca.

Las características de la mazorca estuvieron asociadas con las características raciales; Celaya fue la población que destacó en la mayoría de las características de la mazorca y del grano; mostro expresiones sobresalientes en NHIL, GHIL, LMZ y DMZ, así como LGG, ANG y ESPG, y en el PMZA. Las poblaciones de Cónico Norteño destacaron por el número de hileras, pero solo dos en GHIL, particularmente UAN008 mostró características sobresalientes sobre el resto de las poblaciones de su grupo racial.

Las poblaciones de Tuxpeño mostraron características sobresalientes asociadas con la longitud de la mazorca y características del grano (LGG, ANG y ESPG); las poblaciones de Tuxpeño Norteño sobresalieron por las características del grano, y en las de Ratón, se encontró diversidad entre las poblaciones, aunque destaco UAN238 entre el resto de las poblaciones del grupo.

Finalmente, en El Mezquite y por las características de las poblaciones, once poblaciones fueron seleccionadas como sobresalientes: UAN068, UAN078, UAN083, UAN089, UAN177 y UAN215, del grupo Tuxpeño; UAN069 de Tuxpeño Norteño; UAN079 y UAN223 de Ratón y UAN075 de Celaya, también, aunque las poblaciones mejoradas, se consideraron sobresalientes y con adaptación los complejos genéticos (Pool 33 y 34). Bolita como población externa usada como testigo se consideró una fuente de precocidad y de pigmentación amarilla.

4.1.3 Comportamiento de las poblaciones nativas en General Cepeda, Coahuila.

En los Cuadros 9 y 10 se presentan los valores medios obtenidos en la localidad de General Cepeda en dónde se observó un ordenamiento diferencial respecto a

El Mezquite para las características agronómicas y de la mazorca asociado a la adaptación de las poblaciones.

General Cepeda se consideró una localidad de altitud intermedia y presentó condiciones ambientales acorde a su clasificación; la localidad presentó temperaturas superiores a 37°C en comparación con El Mezquite; esta condición más un mal manejo del riego y un control no adecuado de las plagas, produjeron un ambiente restrictivo para la producción de grano.

El rendimiento medio de la localidad fue de 1.8 t ha⁻¹, lo cual reflejó el potencial de la localidad para la producción; aún bajo las condiciones del sitio, la diversidad entre las poblaciones estudiadas permitió la expresión de poblaciones nativas con potencial para la producción, acorde a las condiciones.

El primer grupo de rendimiento lo expresaron aquellas poblaciones con valores iguales o superiores a 3.0 t ha⁻¹ (UAN177, UAN089 y UAN182) del grupo racial Tuxpeño; en seguida, un segundo grupo con valores iguales o superiores a 2.0 t ha⁻¹, conformado por 8 poblaciones, 5 de ellas del grupo racial Tuxpeño; entre las 10 poblaciones evaluadas del grupo racial Tuxpeño, solo una presentó un rendimiento bajo en esta localidad, por lo tanto, la adaptación de las poblaciones de este grupo fue destacada.

Los días a floración masculina (DFM) mostró que el ciclo de las poblaciones fue precoz comparado con El Mezquite, aunque normal, dadas las condiciones ambientales prevalecientes. La variación fue de 55 (Bolita) a 73 días (UAN075). El rendimiento de grano no mostró asociación directa con los días a floración; los rendimientos sobresalientes presentaron ciclo precoz o intermedio acorde a la localidad; este efecto además se corroboró con la variación en el porcentaje de humedad, donde también se observó variación entre la humedad, la floración y el rendimiento de grano.

La expresión de la asincronía mostró variación y fue mayor con respecto al El Mezquite, encontrando hasta 6 días de diferencia a pesar de que los materiales se desarrollaron más rápido en esta localidad; la expresión de asincronía se

asoció con el efecto del estrés provocado por la deficiencia hídrica y elevadas temperaturas.

La altura de la planta y la mazorca exhibieron un comportamiento de acuerdo con la localidad de evaluación, presentando una media de 1.6 m y 0.84 m, respectivamente. Es importante resaltar que a pesar de la reducción del 25% para ambas características respecto a El Mezquite, la población UAN215, UAN075, UAN089, mostraron los valores superiores, esto es importante dado que en esta región de Coahuila la planta de maíz es usada como forraje por los capricultores.

La humedad del grano mostró variación (12.0–30.7%) y esta se asoció directamente con el ciclo de cada población, de esta manera, poblaciones con ciclo precoz o provenientes de zonas altas presentan una madurez más rápida, lo cual genera como resultado un menor porcentaje de humedad a la cosecha. Respecto a estos caracteres obtenidos en el estudio, Mercer y Perales (2019) encontraron que en zonas de transición los días a floración y madurez fisiológica en maíz se incrementan con la altitud, como en el caso de El Mezquite, siendo la temperatura el factor de variación más importante.

Debido a las condiciones de sequía presente en la localidad a lo largo del desarrollo del cultivo, principalmente en pre y post-antesis las poblaciones exhibieron un alto número de plantas sin mazorca, coincidiendo con lo obtenido por Campos *et al.* (2006), considerando diferentes localidades de evaluación, concluyeron que la expresión en la planta y mazorca durante el desarrollo y cosecha del cultivo se ve claramente afectada por la falta de agua, principalmente en las etapas reproductivas.

El porcentaje de desgrane en cada población supero el 82 %, es decir, solo el 18 % del peso de la mazorca es olote de acuerdo con la variación genética presente en el estudio es importante entender esta característica presente en cada una de las poblaciones. La mayor proporción del olote se encontró en UAN28 (Tuxpeño Norteño), UAN238 (Ratón), Bolita y UAN211; aunque estas poblaciones mostraron proporciones del olote elevadas, no alcanzan la proporción de algunos

híbridos comerciales, característica identificada como no deseable, dado la aportación al peso final de grano.

En cuanto al peso de 100 semillas los resultados mostraron variación y particularmente la población UAN177 de Tuxpeño, obtuvo el valor mayor (32.5 g) pero no en todos los casos se presenta esta correlación con el rendimiento final de grano y el peso de cien semillas, es decir, poblaciones rendidoras presentan semillas pequeñas tal como lo mencionó Rivetti (2006).

Respecto a las poblaciones que mejor capacidad de adaptación exhibieron en una localidad restrictiva, el Cuadro 9, muestra una relación entre algunas características agronómicas y de la mazorca y es de suponerse considerando que una población o planta que mejor adaptación presente tiene la capacidad de desarrollar su órganos florales y reproductivos de manera normal.

La media del número de hileras fue de 12.4, las poblaciones que destacan fueron UAN008 con 17 (Cónico Norteño) y UAN075 con 14.5 (Celaya) y UAN023 con 14.5 (Tuxpeño); estos resultados mostraron concordancia con las características de sus grupos raciales. Cervantes *et al*, (2014) en su estudio para encontrar las densidades óptimas en donde los genotipos expresen su máximo potencial agronómico y de rendimiento encontraron diferencias para número de hileras entre genotipos evaluados con una media de 13.73; Tadeo *et al*, (2012), mencionaron que la constitución genética de cada población y la interacción genotipo ambiente influyen en gran medida para la expresión del número de granos por hilera

En granos por hilera la variación fue de 33.8 (UAN075) a 14.5 (Bolita), esto mostró que los granos por hilera se asociaron con la longitud de la mazorca, la cual está definida también por las características del grupo racial.

Cuadro 9. Valores medios de características agronómicas evaluadas en General Cepeda, Coahuila en el ciclo P-V. 2019.

Grupo Racial	Población	RTO t ha ⁻¹	DFM d	ASF d	ALPTA cm	ALTMZ cm	HUM %	PNP	PD g	P100S g
Tuxpeño	UAN044	2.2 **	63.5 **	-3.5 **	170.5 **	96.0 **	22.6 **	6.0 **	81.0	18.5
	UAN068	2.7 **	62.5	-1.0	161.5	91.5 **	17.1	1.5	84.0 **	25.3 **
	UAN078	2.0 *	63.5 **	-4.0	147.0	78.5	23.2 **	5.5 *	85.0 **	26.8 **
	UAN083	2.1 *	65.5 **	-1.5	156.5	87.5 **	18.9	5.0 *	83.7 **	20.0
	UAN089	3.1 **	64.5 **	-3.5 **	186.0 **	97.5 **	21.5 *	3.5	84.0 **	27.8 **
	UAN177	3.6 **	62.5	-2.5	177.0 **	88.5 **	15.9	3.5	84.8 **	32.5 **
	UAN182	3.0 **	64.0 **	-3.0 **	157.5	82.5	24.0 **	4.5	83.7 **	21.3
	UAN211	1.6	61.5	-2.0 *	158.5	82.5	17.6	3.0	78.1	22.5 *
	UAN213	2.0 *	63.5 **	-3.5 **	158.0	85.0	20.8	7.5 **	82.2	20.5
	UAN215	2.7 **	64.0 **	-5.0 **	196.0 **	107.5 **	26.9 **	3.5	81.0	22.3 *
Tuxpeño	UAN069	1.6	61.5	-4.0 **	151.5	74.0	18.4	5.0 *	81.9	30.5 **
Norteño	UAN178	2.2 **	62.0	-2.5 *	162.5	88.0 **	30.7 **	8.5 **	84.3 **	28.8 **
	UAN228	0.8	63.0 *	-3.0 **	121.5	65.5	14.8	7.0 **	73.1	18.5
	UAN231	2.0 *	64.0 **	-1.5	157.0	79.5	13.1	3.5	84.4 **	26.3 **
Ratón	UAN016	1.6	63.0 *	-4.0 **	159.0	95.0 **	13.8	3.5	84.3 **	18.0
	UAN070	2.7 **	62.0	-3.0 **	159.5	93.0 **	24.2 **	4.5	80.7	29.0 **
	UAN077	2.3 **	64.0 **	-3.0 **	145.5	70.5	23.5 **	6.5 **	83.5 **	20.0
	UAN079	1.6	62.5	-3.0 **	137.0	76.5	12.9	8.0 **	81.4	22.3 *
	UAN217	1.5	59.5	-2.0 *	159.0	70.0	15.0	8.5 **	82.4	26.0 **
	UAN223	1.3	62.5	-2.5 *	150.0	71.5	16.0	5.0 *	81.2	24.3 **
	UAN226	1.4	64.0 **	-3.5 **	155.0	87.0 **	24.4 **	5.5 *	83.4 **	21.0
	UAN238	1.9	59.0	-2.0 *	163.0 *	83.5	19.7	4.5	77.8	21.8
Cónico	UAN003	0.2	62.0	-5.0 **	174.5 **	92.5 **	12.2	6.5 **	87.8 **	22.8 *
Norteño	UAN007	0.5	60.5	-6.0 **	186.0 **	97.0	21.9 **	6.0 **	87.9 **	16.0
	UAN008	0.6	66.5 **	-4.5 **	170.5 **	95.0 **	29.8 **	3.0	89.5 **	12.0
Olotillo	UAN040	2.3 **	62.5	-1.5	155.5	79.5	18.3	3.0	82.3	21.3
Celaya	UAN075	2.8 **	70.0 **	-1.5	190.5 **	108.0 **	27.9 **	6.0 **	83.8 **	18.0
Bolita	Bolita	0.2	55.0	-3.5 **	133.5	63.5	12.0	10.0 **	73.4	13.8
CIMMYT	Pool33	0.5	69.0 **	-3.5 **	135.5	65.5	37.1 **	12.0 **	85.6 **	16.5
	Pool34	2.4 **	65.0 **	-2.0 *	171.0 **	72.5	24.9 **	3.0	81.7	19.5
	Media	1.8	63.0	-3.0	160.2	84.1	20.6	5.4	82.5	22.1
	EE	0.1	0.5	0.2	3.1	2.1	1.1	0.4	0.6	0.8

*, **= Poblaciones superiores de acuerdo con la $\mu + 1$ y 2EE , respectivamente; EE= Error estándar; RTO = Rendimiento de grano; DFM = Días a floración masculina; DFF = Días a floración femenina; ASF = A sincronía floral; ALPTA = Altura de la planta; ALTMZ = Altura de la mazorca; HUM = Humedad; PNP = Plantas no productivas; PD = Porcentaje de desgrane; P100S = Peso de cien semillas.

Cuadro 10. Valores medios de características de la mazorca medidas en General Cepeda Coahuila en el 2019.

Raza	Población	HIL	GHIL	LMAZ cm	DMAZ cm	LGG mm	ANG mm	ESPG mm	DOLO cm	PMAZ g
Tuxpeño	UAN044	14.5 **	28.3 **	12.6 **	41.8 **	10.1 *	8.2 **	3.4 *	26.4 **	81.0 **
	UAN068	12.5 *	24.3 *	11.6 *	41.1 **	10.8 **	8.4 **	3.9 **	24.3 **	80.3 **
	UAN078	12.0 *	20.8	10.3	43.5 **	11.0 **	8.6 **	4.0 **	25.1 **	78.8 **
	UAN083	13.5 **	27.3 **	12.6 **	40.7 **	10.5 **	7.8	3.8 *	26.4 **	83.8 **
	UAN089	11.0	22.3	11.1 *	40.7 **	10.4 **	9.0 **	4.1 **	24.4 **	71.6
	UAN177	12.5 *	25.0 **	12.2 **	44.3 **	11.6 **	9.2 **	4.2 **	26.2 **	106.6 **
	UAN182	13.0 **	29.3 **	13.0 **	39.9 **	9.9	8.2 **	3.6 *	24.8 **	87.9 **
	UAN211	10.5	18.5	10.0	40.3 **	10.0 *	8.9 **	3.8 *	25.9 **	52.9
	UAN213	13.5 **	28.3 **	13.4 **	39.0 *	9.6	7.6	3.6 *	25.6 **	83.0 **
	UAN215	12.0 *	29.5 **	12.8 **	40.4 **	10.1 *	8.0 *	3.7 *	25.7 **	90.1 **
Tuxpeño	UAN069	11.0	21.5	11.0 *	41.9 **	11.1 **	9.1 **	4.1 **	26.2 **	78.9 **
Norteño	UAN178	12.0 *	23.0	11.9 **	44.6 **	11.5 **	9.1 **	3.8 *	25.3 **	101.3 **
	UAN228	13.5 **	23.3	12.9 **	36.3	9.2	7.9	4.0 **	26.7 **	57.4
	UAN231	10.5	27.0 **	12.3 **	40.1 **	11.0 **	9.0 **	3.9 **	24.3 **	83.3 **
Ratón	UAN016	12.5 *	25.8 **	11.2 *	37.2	9.3	8.2 **	3.5 *	23.1	57.4
	UAN070	11.0	23.3	12.5 **	41.8 **	10.8 **	9.1 **	4.2 **	25.2 **	94.6 **
	UAN077	13.0 **	25.8 **	12.1 **	37.4	10.4 **	8.2 **	3.6 *	23.2	76.1 **
	UAN079	12.5 *	29.0 **	12.7 **	41.6 **	10.1 *	8.3 **	3.7 *	25.8 **	97.9 **
	UAN217	13.0 **	19.8	9.2 **	43.0 **	10.8 **	8.9 **	4.0 **	25.7 **	67.2
	UAN223	10.0	26.8 **	13.5 **	35.6	10.1 *	8.9 **	3.9 **	21.5	70.8
	UAN226	13.5 **	23.5	10.0	38.4	10.0 *	8.2 **	3.7 *	24.2 **	61.5
	UAN238	11.5	17.8	10.8	38.6	10.1 *	8.1 *	4.1 **	25.6 **	60.8
Cónico	UAN003	13.5 **	17.8	9.0	37.6	11.5 **	6.6	4.2 **	17.7	52.5
Norteño	UAN007	13.5 **	15.0	8.2	32.9	10.1 *	6.4	3.9 **	16.7	33.6
	UAN008	17.0 **	25.8 **	11.5 *	35.8	9.7	5.8	3.4 *	18.9	56.1
Olotillo	UAN040	9.5	32.3 **	13.7 **	35.6	9.5	8.9 **	3.6 *	20.9	76.8 **
Celaya	UAN075	14.5 **	33.8 **	14.3 **	40.1 **	9.8	7.3	3.7 *	24.0 *	94.9 **
Bolita	Bolita	13.0 **	14.5	9.0	26.3	7.5	6.2	4.7 **	15.6	17.3
CIMMYT	Pool33	11.0	17.5	9.1	30.8	8.4	7.6	4.2 **	19.9	34.2
	Pool34	13.0 **	23.3	10.9	39.0 *	9.8	8.4 **	4.1 **	24.5 **	59.4
	Media	12.4	23.9	11.4	38.8	10.1	8.1	3.8	23.6	71.5
	EE	0.2	0.8	0.2	0.7	0.1	0.1	0.0	0.5	3.8

*, **= Poblaciones superiores de acuerdo con $\mu + 1$ y 2SE , respectivamente; EE= Error estándar; HIL = Hileras por mazorca; GHIL = Granos por hilera de la mazorca; LMAZ = Longitud de la mazorca; DMAZ = Diámetro de la mazorca; LGG = Longitud de grano; ANG = Ancho de grano; ESPG = Espesor de grano; DOLO = Diámetro del olote; PMAZ = Peso de la mazorca.

La capacidad biológica para el crecimiento y desarrollo funcional de mazorcas es una característica que es influenciada por la genética de la planta y las características ambientales (Laverde *et al.*, 1986). Dichos factores inciden en las características que determinan los componentes de producción, como lo es la longitud de mazorca, la cual está asociada al rendimiento del grano (Ángeles *et al.*, 2010). Los resultados del presente estudio indicaron relación en la explicación de esta característica, identificando a la población UAN223 de la raza Ratón con el mayor valor.

La variación en el diámetro de la mazorca fue de 44.6 mm (UAN178, Tuxpeño Norteño) y 26.3 (Bolita). Wong *et al.*, (2007) observaron que el diámetro de mazorca y la longitud de mazorca contribuyen a aumentar el número de granos por mazorca por unidad de superficie y, por tanto, el rendimiento. Cervantes *et al.*, (2014) mencionan, acertadamente que esta característica está asociada directamente con las características del grupo racial.

En el largo de grano, las poblaciones UAN177 y UAN078 de la raza Tuxpeño; UAN178, UAN069 y UAN231 de la raza Tuxpeño Norteño, mostraron los mayores valores para esta característica, es decir, estas poblaciones presentan grano largo con olote delgado. Para el ancho del grano las poblaciones UAN177, UAN089 de la raza Tuxpeño y UAN178 y UAN69 proveniente de la raza Tuxpeño Norteño fueron los de valores mayores. Por su parte, el espesor de grano presentó relación con el número de granos por hilera, mientras mayor sea el valor del espesor de grano menor fue número de granos por hilera. Las poblaciones UAN177 y UAN089 de la raza Tuxpeño fueron aquellas de valores mayores. Respecto al tamaño de grano presente en las poblaciones de identificó a la población UAN177 de grano grande.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de los grupos altitudinales, se confirma lo encontrado por Nájera *et al.* (2010), quienes indican que el grupo de adaptación intermedia responde de manera consistente a los cambios ambientales, mientras que los clasificados como de transición y de altura, mostraron un cambio en su respuesta al ser evaluados en una localidad

de altitud intermedia. Espinoza *et al*, (2019), evaluaron e identificaron ocho poblaciones con un potencial de rendimiento sobresaliente, evaluadas en condiciones ambientales similares, confirmando lo mencionado anteriormente.

De acuerdo con la expresión se encontró que existen poblaciones nativas con potencial para la producción en General Cepeda, estas fueron aquellas que presentaron rendimientos por encima de 2 t ha⁻¹: UAN044, UAN068, UAN078, UAN083, UAN089, UAN177, UAN182, UAN213 y UAN215, que incluyen la mayoría del grupo Tuxpeño; UAN178 y UAN231 de Tuxpeño Norteño, UAN070 y UAN077 de Ratón, UAN040 de Olotillo y UAN075 de Celaya, también el POOL34 mostró adaptación a General Cepeda.

Finalmente, como resultado de la evaluación se encontraron 11 poblaciones sobresalientes en la localidad de El Mezquite y 15 en General Cepeda. Entre los grupos raciales destacó por su frecuencia y expresiones sobresalientes el grupo Tuxpeño, a través de ambas localidades; sin embargo, a pesar de las restricciones, existió mayor variación en el comportamiento en General Cepeda. Aunque el grupo Cónico Norteño es parte de la diversidad regional, y cuya principal área de adaptación es transición y altura, fue un grupo que mostró baja capacidad de adaptación, que se reflejó en rendimientos de grano limitados y entre las poblaciones no se identificó alguna sobresaliente.

Las poblaciones sobresalientes a través de las localidades fueron: UAN068, UAN078, UAN083, UAN089, UAN177, UAN182, UAN215 del grupo Tuxpeño, y UAN075 de Celaya; en El Mezquite además UAN069, UAN079, UAN223 y en General Cepeda UAN178, UAN231, UAN070, UAN077 y UAN040 principalmente de origen Tuxpeño Norteño y Ratón. Estas 16 poblaciones, se consideran la base para iniciar el programa de mejoramiento genético para calidad y producción de grano en el Sureste de Coahuila.

V. CONCLUSIONES

Entre la diversidad del maíz nativo de Coahuila, se encontraron poblaciones con potencial para la producción de grano; el potencial de rendimiento está directamente asociado a las condiciones ambientales y que los bajos rendimientos de grano, no se deben directamente al genotipo sino a las condiciones restrictivas bajo las cuales se cultivan.

Se identificaron poblaciones de la raza Tuxpeño, Ratón y Tuxpeño Norteño con frecuencia elevada de granos con pigmentación amarilla en el mismo orden mostraron su potencial para la producción de grano.

Se identificaron 16 poblaciones sobresalientes a través de las localidades, que pueden considerarse la base para establecer un programa de mejoramiento para producción y calidad de grano en el Sureste de Coahuila.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguayo-Rojas J, Mora-Rochín S, Cuevas- Rodríguez E, Serna- Saldivar S, Gutiérrez-Uribe J, Reyes Moreno C y Milán-Carrillo J. 2012. Fitoquímicos y Capacidad Antioxidante de Tortillas Obtenidas Después del Proceso de Cocción con Cal de Extrusión de Maíz Mexicano Pigmentado Integral. *Alimentos vegetales para la nutrición humana* 67:178–185.
- 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-Gaspar, E., E. Ortiz-Torres, P. A. López y G. López-Romero. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Rev. Fitotec. Mex.* 33: 287-296.
- Aragón C., F., S. Taba, J. M. Hernández., J. D. Figueroa., y V. Serrano. 2006. Actualización de la Información sobre los Maíces Criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F. 119 p.
- Avendaño A., C. H., C. Trejo L., C. López C., J. D., Molina G., A. Santacruz V. y F. Castillo G. 2005. Comparación de la tolerancia a la Sequía de Cuatro Variedades de Maíz. *Versión impresa* ISSN 0378-1844 INCI 30:9.
- Barreto H J, G O Edmeades, S C Chapman, J Crossa 1997 The alpha lattice design in plant breeding and agronomy: generation and analysis. In: Proc. Symp. on Developing Drought- and Low N-Tolerant Maize. G O Edmeades, M Bänziger, H R Mickelson, C B Peña-Valdivia (eds). El Batán, Mexico, March 25- 29, 1996. CIMMYT. Mexico, D. F. pp:544-551
- Bellon M. R. y J. Risopoulos. 2001. Small-scale expand the benefits of improved maize germplasm: a case study from Chiapas. *World Development* 29:799-811.

- Brush, S. B. and Perales, H. R. 2007. A maize landscape: ethnicity and agrobiodiversity in Chiapas Mexico. *Agric. Ecosystems Environ.* 121(3):211-221. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.018>.
- Centro de Estudios para el desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) 2019. Producción de granos básicos y suficiencia alimentaria 2013-2018. Disponible en: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/39ProduccionGranosB%C3%A1sicos.pdf>
- Cervantes-Ortiz, F., M. T. Gasca-Ortiz, E. Andrio-Enriquez, M. Mendoza-Elos, L. P. Guevara-Acevedo, F. Vázquez-Moreno y S. Rodríguez-Herrera. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Cienc. Tecnol. Agropec. Méx.* 2: 9-16.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2019. Estadísticas del Agua en México https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf. Fecha de Consulta: 18 de septiembre 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 2018. Proyecto global "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>., Fecha de consulta: Julio 2022.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R., N. Gómez M., M. Sierra M., J. Virgen V., A. Palafox C., y R. Valdivia B. 2010. V-54 A, nueva variedad de maíz de grano amarillo para siembras de temporal retrasado en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1:677-680.
- Espinosa T., L.C., F. Rincón S., N. A., Ruíz T., J. M. Martínez R. y A. Benavidez M. 2019. Respuesta ambiental de poblaciones nativas de maíz del sureste de Coahuila, México. *Nova scientia*.11:23. DOI: <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1931>.

- Fernández S., R., L. A., Morales C., y A. Gálvez M. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Rev. fitotec. Mex* 36:3.
- Gálvez M., A., y H. Bourges R. 2012. La alimentación en la Ciudad de México. *In: Los Riesgos para la Salud en la Vida de una Megametrópoli. Memoria I. Congreso Internacional. Facultad de Medicina UNAM, 25 y 26 de agosto. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. pp:366-403.*
- Gómez M., N. O., B. Coutiño E. y A. Trujillo C. 2010. Proyecto FZ016 “Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008- 2009”. Informe final de la región Pacífico Sur. INIFAP, Campo Experimental Iguala. Iguala, Guerrero, México. 21 p
- Hellin J., A. Keleman, and G. Atlin. 2013. Smallholder Farmers and Maize in Mexico: A Value-Chain Approach to Improved Targeting of Crop-Breeding Programs. *J. New Seeds* 11:262-280.
- Hellin J., M. R. Bellon and S. J. Hearne. 2014. Maize Landraces and Adaptation to Climate Change in Mexico. *Journal of Crop Improvement* 28: 484-501, doi: 10.1080/15427528.2014.921800.
- Hernández G. C. Á. 2010. Diversidad Morfológica y Genética de Maíz Cacahuacintle en una Región de los Valles Altos de Puebla. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. México. 67 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2020. Anuario estadístico y geográfico de Coahuila de Zaragoza.
- IRRI (2007) CropStat for Windows 7.2.2007.3. International Rice Research Institute. Metro Manila, Philippines.
- Jugenheimer, R.W. 1981. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Primera Edición. Editorial Limusa. México. 840 pp.
- Kato. T. A., C. Mapes., L. M. Mera., J. A. Serratos, R. A. Bye. 2009. Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional

Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. 116 p.

- Laverde-Peña, H., R. de la Cruz y E. Rojas. 1986. Formación de mazorcas en diferentes nudos del eje de maíz ICA -V-51O. *Agron. Colomb.* 3: 63-81.
- McClintock, B., T.A. Kato Y., and A. Blumenschein. 1981. Chromosome Constitution of Races of Maize. Its Significance in the Interpretation of Relationships between Races and Varieties in the Americas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico
- Mercer K. L. and H. R. Perales 2019. Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications* 3: 480-493. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00137>.
- Muñoz O., A. 2003. Centli-maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 210 pp.
- Nájera, C., L. A., F. Rincón S., N. A. Ruíz T., y F. Castillo G. 2010. Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:31-36.
- Ortega E., I., E. Villegas, and S. K. Vasal. 1985. A comparative study of protein in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chem.* 63: 446-451.
- Ortega P., R., J.J. Sánchez G., F Castillo G. y J.M Hernández C. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México, En: Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V.A González H. y M. Livera M. (eds.), avances de los recursos fitogenéticos de México. México: Sociedad Mexicana de Fitogenetica. pp.161-185.
- Pecina-Martínez J A, Mendoza-Castillo Ma. C, López Santillán A J, Castillo-González F, Mendoza Rodríguez M y Ortiz-Cereceres J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Rev. fitotec. mex* vol.34 no.2 Chapingo abr./jun. 2011

- Preciado O., R. E., A. D. Terrón I., A. Aguirre G., L. A. Noriega G. y A. S. Cruz M. 2010. Proyecto FZ016 "Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Segunda etapa 2008-2009". Informe final de los estados de Guanajuato, Querétaro y Michoacán. INIFAP, Campo Experimental Bajío. 17pp.
- Rincón S., F., F. Castillo G. y N. A. Ruiz T. 2010. Diversidad y Distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México. SOMEFI. Chapingo, Méx. 116 p.
- Ruiz C., J. A., N. Durán P., J. J. Sánchez G., J. Ron P., D. R. González E., J. B. Holland, and G. Medina G. 2008. Climatic Adaptation and Ecological Descriptors of 42 Mexican Maize Races. *Crop Science* 48:1502-1512. doi: 10.2135/cropsci2007.09.0518.
- Ruiz T. N. A., F. Rincón S., V.M. Hernández L., J. de D. Figueroa C. y Ma. G. F. Loarca P. 2008. Determinación de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante en granos de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 31:29-34.
- Salinas M., Y., F. J., Cruz C., S. A., Díaz O., y F. Castillo G. 2012. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Rev. Fitotec. Mex.* 35:33-41.
- Sánchez, G.J.J., Diversidad del Maíz y Teocintle, Informe preparado para el proyecto "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México", Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Manuscrito, México, 2011.
- Santiago-Ramos, D., J. D. Figueroa-Cárdenas, R. M. Mariscal-Moreno, A. Escalante-Aburto, N. Ponce-García and J. J. Veles-Medina. 2018. Physical and chemical changes undergone by pericarp and endosperm during corn nixtamalization-A review. *Journal of Cereal Science* 81:108-117.
- Serna-Saldívar S O, S García Lara, J A Gutiérrez Uribe 2011. Perfil fito-químico y propiedades nutracéuticas de maíces pigmentados y sus tortillas. In: Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México. R E Preciado Ortiz, S Montes Hernández

- (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética AC, Chapingo, Estado de México, México. pp:75-96.
- Serna-Saldívar, S. O., J. A. Gutiérrez-Urbe, S. Mora-Rochin, y S. García-Lara 2013. Potencial nutraceutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. Rev. fitotec. mexvol.36.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Documentos. Fecha de Consulta: 10 octubre 2022.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018. Datos abiertos Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Información. Fecha de Consulta: 20 octubre 2022.
- Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, Arteaga-Escamilla I, Trejo-Pastor V, Sierra-Macías M, Valdivia-Bernal R y Zamudio-González B. 2021. Productividad de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos. Revista mexicana de ciencias agrícolas versión impresa ISSN 2007-0934. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.3 no.7 Texcoco sep./oct. 2012.
- Torres-Morales, B., B, Coutiño-Estrada., A, Muñoz-Orozco., A. Santacruz-Varela., A, Mejía-Contreras., S. O., Serna-Saldivar., S. García-Lara., y N., Palacios-Rojas., 2010. Selection for oil content in kernels of maize varieties of the Comiteco Race from Chiapas Mexico. Agrociencia
- Vázquez C., Ma. G., Pérez C. J. M., Hernández C. J. M., Marrufo D. M. de L. L., y Martínez R. E. 2010. Calidad De Grano Y De Tortillas De Maíces Criollos Del Altiplano Y Valle Del Mezquital, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 33: pp 49-56. DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2010.Especial_4.49