

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Selección Recurrente en Poblaciones Nativas de Maíz Amarillo Tuxpeño  
(*Zea mays L.*) Del Estado De Coahuila

Por:

**JESÚS ZACARÍAS FLORES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección Recurrente en Poblaciones Nativas de Maíz Amarillo Tuxpeño  
(*Zea mays L.*) del Estado de Coahuila

Por:

**JESÚS ZACARIAS FLORES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

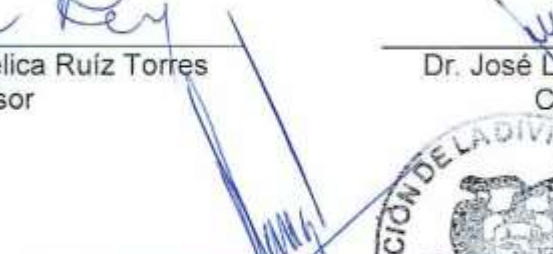
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez  
Asesor Principal

  
Dra. Norma Angélica Ruiz Torres  
Coasesor

  
Dr. José Luis Velasco López  
Coasesor

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2025

## MANIFESTÓ DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, Jesús Zacarías Flores, estudiante de nivel licenciatura de la especialidad Ingeniero Agrónomo en Producción, con matrícula 41202458, autor de la presente Tesis, manifiesto que:

1. Reconoce que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis, han sido debidamente citadas, reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor, materiales bibliográficos consultados por cualquier vía, y manifiesto no haber hecho mal uso de alguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance del comité de asesoría, está suscrito a la orientación y guía, respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente Tesis; así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, por lo tanto, eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi Comité de Asesoría, aceptando cualquier responsabilidad al respecto es únicamente a mi persona.



---

Jesús Zacarías Flores

Tesista de licenciatura

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por las bendiciones que me da en todo momento y llenar mi vida de salud junto a mi familia y seres queridos.

**A mis Padres**, Sr. Celestino Zacarías Limón y Sra. Tomasa Flores Rojas, agradezco por toda una vida de esfuerzo y sacrificios, brindándome siempre cariño y apoyo cuando más lo necesite.

**A mi Alma Mater**, La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por guiarme y llenarme de conocimiento durante mi formación profesional.

**A mi hermano**, Juan Manuel Zacarías Flores, por estar juntos en cada aventura a lo largo de nuestras vidas, por ser mi amigo, ser mi guía y ser la persona más cercana que tuve en la universidad.

**A mis hermanas**, Guadalupe, Cecilia, Yanet, Nancy y Nora Jazmín Zacarías Flores, por el apoyo, los buenos deseos, los sabios consejos y todo el cariño que me dan a lo largo de mi vida.

**A mi asesor principal**, Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez, por darme la oportunidad de colaborar con él en este proyecto, al igual agradezco su tiempo, su dedicación y su paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

**A los asesores**, Dra. Norma Angélica Ruíz Torres y Dr. José Luis Velasco López, por dedicar su tiempo y paciencia durante la revisión de la tesis.

**A mis amigos y compañeros**, Belén, Carmen, Val, Ishar, Rigoberto, Luis Pablo y Kevin, gracias por los buenos momentos que vivimos en esta etapa universitaria, por darme su amistad y por compartir este logro conmigo.

## DEDICATORIA

Con dedicatoria para todas aquellas personas que son partícipes de todos mis logros, mi familia:

### **A mis padres:**

Sr. Celestino Zacarías y la Sra. Tomasa Flores

Aprecio profundamente las lecciones de vida que me han enseñado y el cariño que siempre me han brindado. Por ello y en gratitud hacia ustedes, dedico esta tesis como un tributo a su legado, sacrificio y amor.

### **A mis hermanos:**

Juan Manuel, Guadalupe, Cecilia, Yanet, Nancy y Nora Jazmín

Por la dicha y la fortuna de tenerlos, por la orientación y el apoyo incondicional, por guiarme en cada paso de mi vida, es por eso por lo que a ustedes les dedico este logro y agradezco que compartan otro momento tan importante en mi vida.

### **A mi abuelita:**

Francisca Limón Barrientos

Aprecio que la vida me regalara aquella persona que tanto confió en mí, que estuvo conmigo desde que era un pequeño, que me quería con todo su corazón, y aunque ahora no se encuentra físicamente conmigo, sé que ella desde el cielo aun me sigue dando todas sus muestras de afecto, como las que en vida me regalo.

### **A mis sobrinos:**

Dani, Lili, Pao, Mari, Damián y Mayte

A ustedes pequeños, que, gracias a sus ocurrencias y travesuras, se han convertido en los principales autores de alegría y felicidad en mi vida, es por eso por lo que me llena de mucho orgullo compartir este logro con ustedes.

## RESUMEN

La presencia del maíz de la raza tuxpeño en el estado de Coahuila y los trabajos de mejoramiento que se han realizado en esta variedad, permiten conocer sus características agronómicas de la mazorca, y seleccionar aquellas sobresalientes en un programa de mejoramiento.

Con el fin de seleccionar y evaluar el comportamiento de las mejores poblaciones de maíz Tuxpeño a través de selección recurrente, se realizó el presente estudio, en donde se sometieron a evaluación 49 familias de Hermanos Completos (HC) derivadas de 8 poblaciones nativas de maíz del estado de Coahuila. El experimento se realizó en el ciclo Primavera-Verano (PV) 2023, para ello se establecieron dos localidades representativas de la región sureste de Coahuila: “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila y localidad El Mezquite, municipio de Galeana, Nuevo León, ubicada a 10 km de los límites de Saltillo, Coahuila.

El diseño experimental utilizado fue de bloques incompletos con arreglo  $\alpha$ -látice, además se realizó un análisis de dispersión gráfico con los dos componentes principales (CP1 y CP2) a partir del cual se definieron las siguientes variables: RTO, DFM, DFF, ALPTA, DMZ y PSEM, que fueron las características que más aportaron en la discriminación de los genotipos. El análisis de varianza combinado se realizó con las variables determinadas, donde se consideraron las localidades (LOC), genotipos, poblaciones (POB), familias dentro de poblaciones [FAM(POB)], testigos (TS) y la interacción entre ellos, con la información recabada de cada experimento, se elaboró el análisis de los datos agronómicos mediante un análisis de varianza (ANVA). 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 ( $\alpha = 0.05$ ), de esta forma y mediante los resultados de la interacción permite que a través de un valor promedio de las dos localidades se identifiquen las mejores poblaciones permitiendo seleccionar a las familias con mejor desempeño.

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas para las localidades de evaluación para las variables DFM y DFF ( $P \leq 0.01$ ), y significativa para la variable RTO

( $P \leq 0.05$ ). Estas diferencias se debieron a la variación encontrada entre las localidades, resultado de las diferentes condiciones ambientales. En cuanto a la interacción Localidades x Familias (Poblaciones) se muestran diferencias altamente significativas para RTO, para el resto de las variables no hubo significancia, y en la interacción Localidad x Testigos las variables evaluadas no mostraron diferencias significativas, debido a ello, se menciona que los testigos tienen comportamiento similar a través de las localidades, por lo que las variables mantienen las mismas respuestas en ambas localidades a distintos ambientes.

Las poblaciones con mejores atributos para selección fueron: COAH089, COAH215 y COAH177. Para la población COAH089 las familias más sobresalientes fueron Familia 7, 4 y 6. Para COAH215 fue Familia 1 y 2. Para COAH177 fue la Familia 3, 5 y 6. Esta selección se hizo en base al rendimiento y la calidad de grano.

**Palabras clave:** Selección Recurrente, Selección de familias, Poblaciones nativas, Maíz Tuxpeño.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN .....	VI
ÍNDICE DE CUADROS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo General.....	3
1.2 Objetivo Específico.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Situación actual del maíz.....	4
2.2 Situación actual del maíz nativo de Coahuila .....	5
2.3 Maíz Tuxpeño.....	6
2.4 Selección .....	7
2.5 Selección recurrente.....	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Material genético .....	9
3.2 Ubicación.....	9
3.3 Diseño experimental.....	10
3.4 Manejo agronómico .....	10
3.5 Variables evaluadas .....	11
3.6 Análisis de datos .....	12
3.6.1 Análisis de componentes principales .....	12



3.6.2 Análisis de varianza combinado.....	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
4.1 Análisis de dispersión gráfico .....	13
4.2 Análisis de varianza.....	15
4.3 Comportamiento agronómico en las localidades, las poblaciones y los testigos evaluados .....	18
4.4 Selección de familias para las poblaciones evaluadas.....	21
V. CONCLUSIONES .....	29
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	30

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Familias evaluadas por población de maíz nativo de Coahuila y los testigos. .....	9
<b>Cuadro 2.</b> Ubicación geográfica de las localidades de evaluación para las poblaciones de maíz nativo de Coahuila.....	10
<b>Cuadro 3</b> Cuadrados medios del análisis de varianza de las poblaciones nativas evaluadas en Buenavista, Saltillo y El Mezquite, Galena, Nuevo León. ....	17
<b>Cuadro 4.</b> Valores medios de la expresión agronómica de las localidades, poblaciones y testigos evaluados.....	20
<b>Cuadro 5</b> Valores medios de las características agronómicas de las familias de las poblaciones de maíz nativo: COAH078, COAH083 y COAH068. ....	22
<b>Cuadro 6</b> Valores medios de las características agronómicas de las familias de las poblaciones COAH089 y COAH177.....	24
<b>Cuadro 7</b> Valores medios de las características agronómicas de las familias de las poblaciones COAH182, COAH213 y COAH215. ....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representación de los dos componentes principales y análisis de dispersión gráfico de las características agronómicas determinadas en poblaciones de maíz nativo de Coahuila. ....	14
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz en México es el cultivo de mayor importancia agrícola, social, económico y cultural; se emplea como un alimento básico a través de la tortilla o sus similares, también es un producto fundamental en la industria del alimento animal. En México se establece en casi 7 millones de ha, de las cuales el 80 % ocurre bajo condiciones de temporal, de donde se obtiene aprox., el 50 % de la producción nacional de este grano (SADER, 2017).

En condiciones de temporal prevalece la producción con base en poblaciones nativas; donde la inmensa variedad de ambientes ha sido base de la adaptación y mantenimiento de estos maíces; debido a esto se ha logrado conservar y preservar una gran diversidad de variedades nativas (SADER, 2023). En México se han identificado 64 razas de las cuales solo 59 se consideran nativas de México (CONABIO, 2020).

En la actualidad, el cambio climático y la modernidad amenazan la diversidad del maíz nativo; no obstante, los maíces nativos siguen en manos de los pequeños productores quienes los han seleccionado acorde a sus necesidades; en México, son los pequeños productores quienes han mantenido y seleccionado el maíz desde su existencia; no obstante en la actualidad muchas variantes, ante el abandono del campo y las parcelas de los productores, la erosión genética ha sido un importante factor en la desaparición de variantes sobresalientes; sin embargo, se reconoce que la diversidad del maíz nativo sigue siendo la base a partir de la cual se pueden obtener importantes características para la mejora de variedades para las condiciones de producción actuales.

En sus parcelas los productores han mejorado sus poblaciones a través de la selección masal; no obstante, aunque eficaz existen variantes de mejora con mayor eficiencia. La selección recurrente a través de familias de hermanos completos representa una metodología de mayor eficiencia donde algunos estudios muestran ganancias de hasta  $0.4 \text{ t ha}^{-1}$  en un ciclo de selección. El método consiste en tres fases: 1.- formación de progenies; 2.- evaluación e identificación de las mejores progenies; 3.- recombinación

de las mejores familias para obtener un ciclo más avanzado (Paliwal, 2001). Este proceso logra el mejoramiento de caracteres cuantitativos a mediano y largo plazo.

Bajo este contexto general se realizó el presente trabajo que consistió en definir entre las poblaciones de maíz Tuxpeño, representativas de la diversidad del maíz nativo de Coahuila, aquellas familias de hermanos completos con características sobresalientes para la producción regional y que permitan llevar a cabo el primer ciclo de recombinación para reiniciar nuevamente un segundo ciclo de selección.

### **1.1 Objetivo General**

Realizar la selección de familias de hermanos completos en poblaciones de maíz nativo amarillo de Coahuila a través de características agronómicas sobresalientes, para la producción de grano en la región sureste del estado.

### **1.2 Objetivo Específico**

Seleccionar las familias de hermanos completos sobresalientes en las poblaciones de maíz nativo de grano amarillo, mediante características agronómicas deseables para la producción de grano en condiciones ambientales del sureste de Coahuila.

### **1.3 Hipótesis**

Las variables definidas a través del análisis de dispersión permitirán la discriminación entre las familias dentro de las poblaciones, las cuales mostrarán variación en el potencial agronómico para continuar en el proceso de mejoramiento para la producción de grano en el sureste de Coahuila.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Situación actual del maíz

A nivel mundial la producción de maíz en el ciclo 2023/24 fue de 1,228.1 millones de toneladas, en donde el 75% de la producción total se concentró en los principales países productores: Estados Unidos (31.7%), China (23.5%), Brasil (9.9%), Unión Europea (Francia, Rumania, Polonia, Hungría, Italia, España y Alemania) (5.0%) y Argentina (4.3%). El consumo mundial para el año 2023-2024 se estimó en 1,204.1 millones de toneladas en donde destacan los cinco principales consumidores de maíz (69.0% del consumo mundial total): Estados Unidos (26.5%), China (25.5%), Brasil (6.6%), Unión Europea (Francia, Rumania, Polonia, Hungría, Italia, España y Alemania) (6.5%) y México (3.9%) (FIRA, 2024).

México ocupó la octava posición mundial en la producción, con una participación de 1.9 %. Los estados de mayor producción nacional fueron Sinaloa y Jalisco, el primero aportó el 24.2 % de la producción total nacional, con 6.7 millones de toneladas, mientras que Jalisco, contribuyó con un 12.7 % de la producción nacional con 3.50 millones de toneladas (FIRA, 2024).

La producción de grano de este cereal se divide principalmente en dos coloraciones: amarillo y blanco; en lo que respecta a la producción promedio anual, las cifras ascienden a más de 2.7 millones de toneladas de maíz blanco en una superficie de más de 7 millones de hectáreas y de maíz amarillo más de 1.5 millones de toneladas en una superficie de 553 mil hectáreas (SADER, 2020).

De acuerdo con los datos estadísticos, se propuso que para el año 2021 la oferta del maíz blanco se encontraría en un estimado de 27 millones 506 mil toneladas, cifra mayor a la del ciclo 2020/21, teniendo un aumento del 2.3%, en cuanto a la demanda, la estimación indicó que el consumo humano más el autoconsumo del cereal, sería de 18 millones 631 mil toneladas (SIAP, 2022). Respecto a la oferta del maíz amarillo para el ciclo 2022/23, se le atribuyó un aumento del 3.4% mayor, en comparación con el ciclo anterior, para la demanda se esperaron incrementos en autoconsumo del 8.8% e industria almidonera del 0.4% (SIAP, 2023).

## **2.2 Situación actual del maíz nativo de Coahuila**

Aunque Coahuila no sobresale como un estado productor agrícola en el país, se considera como una región de interés para el mejoramiento de semillas, ya que, gracias a los trabajos realizados, se han desarrollado materiales adecuados a condiciones de alto estrés hídrico, ciclos cortos de cultivo y alturas superiores a los 1000 msnm (Aguirre *et al.*, 2010).

La siembra de maíz se concentra principalmente en el sureste de Coahuila, bajo condiciones de temporal con cerca de 28,000 ha sembradas, lo que representa el 43% de la superficie cultivada bajo este sistema (Aguirre *et al.*, 2010). Los maíces nativos han sido de gran importancia para los pequeños agricultores, donde el 80% de las siembras se realizan con poblaciones nativas de la región; Rincón *et al.* (2010) mencionaron que entre la diversidad genética de maíces presentes en Coahuila, se identificaron ocho grupos raciales: Celaya, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Olotillo, Ratón, Tuxpeño Norteño, Tuxpeño y Celaya, donde los más importantes por su diversidad y presencia son las razas: Cónico Norteño (21.1 %), Ratón (38.9 %) y Tuxpeño Norteño (22.2 %) (Rincón *et al.* 2013).

En algunos municipios de Coahuila, tal es el caso de Saltillo, en donde la crisis climática ha impedido la obtención de grano y la escasez de forraje en los últimos tres años, se ha valorado la situación y han manifestado pérdidas de sus semillas y que representan una fuente génica de tolerancia y adaptación a las condiciones de producción regionales (Sánchez, 2024), por otra parte, la escasez de agua que ha sido un desafío para la agricultura en la región, el 63% de los productores cree en la necesidad de incorporar nuevas variedades de semillas o mejorar las actuales, para lograr la tolerancia a la sequía y que puedan mantener o incluso aumentar su productividad en condiciones de escasez de agua (Aguirre *et al.*, 2010).

Por tal motivo se han realizado estudios de la diversidad genética del maíz y su interacción con factores del ambiente, como una alternativa para identificar alelos con potencial para mejorar poblaciones locales o para ampliar tolerancia a factores de estrés biótico y abióticos (Espinosa *et al.*, 2019).



### **2.3 Maíz Tuxpeño**

La raza de maíz con origen en el estado de Veracruz es un material con alta adaptabilidad y con gran flexibilidad de adaptación, tiene tolerancia a ciertas plagas y enfermedades por lo que es un maíz capaz de producir grano de calidad (López *et al.*, 2019). Este se distribuye a lo largo de la costa del golfo de México y Vandeño, en la costa del Pacífico (Kato *et al.*, 2009).

El Tuxpeño es la combinación híbrida de dos razas, ya que presenta ciertas características intermedias del maíz Olotillo y Tepecintle; la distribución de este se encuentra en todo el país, pero tiene mayor importancia concentrada en el Golfo de México. Las principales características que tiene esta raza son sus mazorcas grandes con forma cilíndrica y de grano dentado; es una de las razas con mayor productividad en rendimiento, gracias al alto número de hileras y de granos por hileras que posee (Wellhausen *et al.*, 1951).

Para la zona norte se ha encontrado una variante que es Tuxpeño Norteño; está presente principalmente en los estados de Durango, San Luis Potosí, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (CONABIO, 2020). Las principales características de este material que se identificaron en un estudio de investigación realizado por Rincón *et al.* (2010) demostró que, en su mayoría, la raza presenta una mazorca es de forma Cilíndrica, Cónica o Cónica-cilíndrica, su tipo de grano es dentado o semidentado, y el color del grano es amarillo o blanco cremoso.

El maíz tuxpeño se ha usado como material de partida para el mejoramiento genético de maíz (CONABIO, 2020). En un estudio realizado para evaluar el rendimiento y comportamiento agronómico de poblaciones de maíz Tuxpeño, resaltaron que las poblaciones de Tuxpeño incrementaron su rendimiento de grano gradualmente por ciclo de selección con respecto a los ciclos originales, además, incrementa la frecuencia de alelos favorables para rendimiento y adaptación en las poblaciones seleccionadas (Santiago *et al.*, 2017). Debido a su desempeño y a sus características, el maíz de la raza Tuxpeño se diferencia por la calidad de grano y su tolerancia a la sequía, además de la resistencia de plagas y enfermedades por lo que tiene una alta capacidad de adaptación a distintas zonas del país (López, 2020).

## **2.4 Selección**

La selección es un proceso, ya sea natural o artificial, que permite distinguir y valorar la influencia de cada individuo en la formación de la siguiente generación (Vega, 1990); es un método clásico en el fitomejoramiento que consiste principalmente en la obtención de individuos con características superiores al resto (Niazian y Niedbala, 2020).

Para que la selección pueda cambiar la constitución hereditaria de una población, es importante que haya variación genética en esa población, por lo general en los centros de origen existe la mayor diversidad genética y es en donde se considera que la selección natural es más activa, incluso cuando esta diversidad comienza a distribuirse por distintos ecosistemas, se forman grupos nombrados ecotipos dentro de la selección natural, cuya capacidad de adaptabilidad y supervivencia dependerán de los factores que actúan sobre ellos (Brauer, 1978).

## **2.5 Selección recurrente**

La selección recurrente a diferencia de otros métodos de selección ofrece múltiples ventajas como la alta variabilidad genética debido al cruzamiento de distintos progenitores, la recombinación de los genes debido a la persistencia de los cruzamientos consecutivos de cada ciclo, la eficiencia a obtener genes favorables debido a la selección continua acumulada de cada ciclo, finalmente este método nos brinda la oportunidad de introducir diferente material genético a una población (Geraldí, 1997).

Por lo general la selección recurrente comprende tres importantes fases: la primera, involucra el muestreo de la población original; segundo, las evaluaciones de las progenies y selección de las mejores; por último, se cruzan y recombinan las progenies seleccionadas para formar el ciclo siguiente de selección y cruzamiento (Paliwal, 2001).

La selección de los individuos depende en cierta forma del grado de la estructura génica que hay dentro de la población, así también de los métodos y circunstancias de la selección (Eilert, 1985). Un papel muy importante en este paso es la presión de

selección, que corresponde al porcentaje de individuos seleccionados, es decir, se basa principalmente en simbolizar una porción de la población por la zona achurada bajo la curva normal y el eje de las abscisas (Márquez, 1985).

Los progenitores superiores de cada población se siembran aleatoriamente para la recombinación; a los 70 días después de la siembra, se comienza con el proceso de recombinación, las mazorcas se cubren con bolsas plásticas transparentes antes de la emisión de los estigmas, una vez que las mazorcas están listas para la polinización; las panojas se cubren en la fase inicial de liberación de los granos de polen, después se recogen los granos de polen en todas las panojas que se prepararon y se mezclaron en una sola muestra, esta muestra se utiliza para polinizar todas las espigas receptivas, garantizando que no haya autofecundación (Tardin, 2007). En un estudio Márquez (2013) muestra que la ganancia de cada ciclo de selección es de 3.1%, por lo que entre mayor sea el número de ciclos de selección mayor será el porcentaje de ganancia.

Para que la efectividad de la selección recurrente sea positiva, debe considerarse lo siguiente: la heredabilidad de las características bajo selección, la existencia de genes deseables en la población original, la efectividad del procedimiento de selección, el grado de recombinación y el número de ciclos de selección (Camarena, 2014).

El método de selección recurrente no solo aporta beneficios a la ganancia de rendimiento, sino que además ayuda a mejorar las cualidades del maíz, haciéndolo más tolerable a ciertas enfermedades, por lo anterior, en un estudio realizado para evaluar el rendimiento de grano y la resistencia al carbón de la espiga Díaz *et al.*, (2021). Mostraron que la ganancia en rendimiento fue efectivo para incrementar el rendimiento de grano 272.9 kg ha y la resistencia al carbón de la espiga 0.94 % por ciclo de selección.

Los resultados de la selección recurrente muestran la eliminación de alelos no deseados hasta en un 50 %, lo que permite que las ganancias de los caracteres superiores incrementaran por cada ciclo de selección, además permite conservar la variabilidad genética de las poblaciones (Díaz *et al.*, 2021).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material genético

Se evaluaron 49 familias de Hermanos Completos (HC) derivadas de 8 poblaciones nativas de maíz de la raza Tuxpeño del estado de Coahuila, pertenecientes a la colección del estado resguardadas en el Centro de Semillas Ortodoxas Región Norte, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para la evaluación se incluyeron 6 testigos, conformados por una variedad mejorada (CoahxOc), una población de la raza Tuxpeño originaria de Cd. Ocampo, Tamaulipas y cuatro complejos genéticos (POOL 17, 18, 33 y 34) obtenidos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Familias evaluadas por población de maíz nativo de Coahuila y los testigos.

POBLACIÓN	FAMILIAS	TESTIGOS
COAH068	2	CoahxOc
COAH078	9	Ocampo
COAH083	4	Pool17
COAH089	9	Pool18
COAH177	6	Pool33
COAH182	8	Pool34
COAH213	9	
COAH215	2	

#### 3.2 Ubicación

El experimento se realizó en el ciclo Primavera-Verano (PV) 2023, para ello se establecieron dos localidades representativas de la región sureste de Coahuila: “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila y El Mezquite, municipio de Galeana, Nuevo León, ubicada a 10 km de los límites de Saltillo, Coahuila.

**Cuadro 2.** Ubicación geográfica de las localidades de evaluación para las poblaciones de maíz nativo de Coahuila.

Coordenadas geográficas	El Bajío, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	El Mezquite, Galeana, Nuevo León
Latitud Norte	25° 21''	25° 05' 22''
Longitud Oeste	101° 01''	100° 42' 31''
Altitud (msnm)	1750	1910
Temperatura media anual	16.8 °C	19 °C
Precipitación	400 mm	393 mm

(INEGI, 2020).

### 3.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques incompletos con arreglo  $\alpha$ - látice (Barreto *et al.*, 1997); la aleatorización del diseño se desarrolló mediante el paquete Crop Stat (IRRI, 2007).

### 3.4 Manejo agronómico

**Siembra:** La siembra en cada localidad se estableció en fechas diferentes; en El Mezquite fue el día 27 de mayo y en El Bajío, Buenavista fue el día 5 de mayo.

**Fertilización:** La dosis que se aplicó de fertilizante en cada localidad fue 120-60-60; se aplicó el 50 % de Nitrógeno y el 100 % de Fosforo y Potasio al momento de la siembra; el otro 50 % de Nitrógeno se aplicó previo al aporque; las fuentes fertilizantes fueron triple 17 (17-17-17) y urea (46-00-00).

**Riego:** Ambas localidades se evaluaron bajo condiciones de riego; la frecuencia en que se definieron los riegos fue de acuerdo con las necesidades del cultivo y de las condiciones meteorológicas prevalecientes de cada localidad.

**Labores culturales:** Las aplicaciones de insecticidas y herbicidas se realizó de acuerdo con la necesidad del cultivo, así mismo el aclareo, la escarda y el aporque fueron actividades que se ejecutaron durante el desarrollo del cultivo.

### 3.5 Variables evaluadas

Las variables consideradas para esta evaluación fueron las siguientes, definidas con base en un análisis gráfico de dispersión de componentes principales:

**Altura de planta (ALPTA):** la altura de la planta se estimó mediante plantas promedio con competencia completa por cada repetición, considerando la longitud desde la base del tallo hasta la lígula de la hoja bandera.

**Días de floración masculina (DFM):** Para estimar esta variable, se contaron los días que transcurrieron desde el día de la siembra, hasta que el 50 + 1 % de las plantas de la parcela estuvieran en antesis.

**Días de floración femenina (DFF):** se contaron los días que transcurrieron desde el día de la siembra, hasta que el 50 + 1 % de las plantas de la parcela estuvieran en estigma.

**Diámetro de mazorca (DMZ):** La estimación se realizó en la parte central de la mazorca, para mayor precisión se utilizó un vernier.

**Peso de la semilla (PSEM):** El peso de la semilla se midió con 100 semillas en una balanza semianalítica; este proceso se realizó en tres repeticiones para estimar el peso promedio de 100 semillas

**Rendimiento de grano (RTO, en t ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, al 14% de humedad de la siguiente forma:

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

Donde:

Área de la parcela útil (APU), fue determinada mediante un número de plantas por unidad experimental: la distancia entre plantas por distancia entre surcos (21 x 0.20 x 0.80 m); 100 / 86 fue el coeficiente para obtener el rendimiento al 14% de contenido de humedad del grano; 1,000, es un valor constante usado para calcular el rendimiento por ha; y 10,000 es la superficie de una hectárea en m<sup>2</sup>.

### **3.6 Análisis de datos**

#### **3.6.1 Análisis de componentes principales**

En base a las variables evaluadas en las localidades, se realizó un análisis de componentes principales en donde se realizó un análisis de dispersión gráfico con los dos componentes principales (CP1 y CP2) a partir del cual se definieron las variables que más aportan en la discriminación de los genotipos.

#### **3.6.2 Análisis de varianza combinado**

El análisis de varianza combinado se realizó con las variables determinadas a partir de los componentes principales donde se consideraron las localidades (LOC), genotipos, poblaciones (POB), familias dentro de poblaciones [FAM(POB)], testigos (TS) y la interacción entre ellos.

Con la información recabada de cada experimento, se elaboró el análisis de los datos agronómicos mediante un análisis de varianza (ANOVA) de acuerdo con el diseño experimental, en donde se probaron los efectos de las localidades, los genotipos, las poblaciones, familias dentro de poblaciones, testigos y las interacciones correspondientes. 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 ( $\alpha = 0.05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de dispersión gráfico

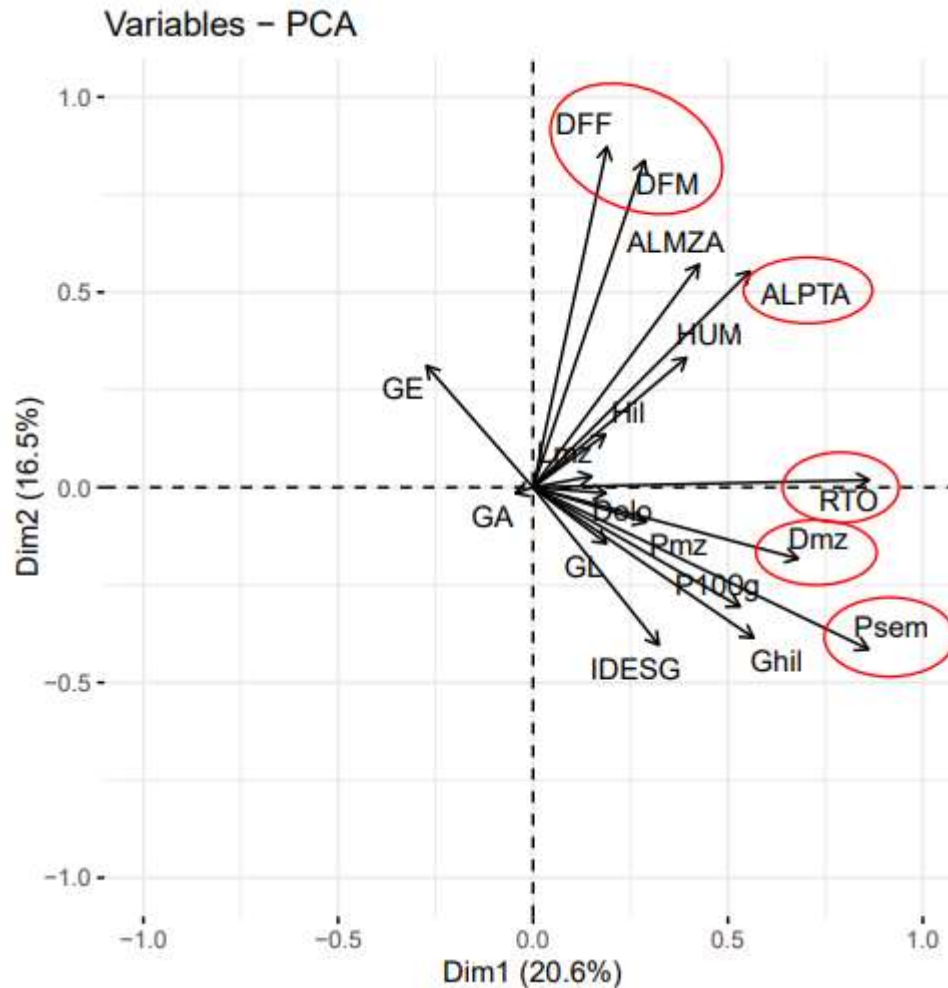
En el experimento se obtuvo información de 18 variables; sin embargo, entre estas existen algunas que pueden mostrar correlación y por lo tanto pueden discriminar de la misma forma el comportamiento de los genotipos; también, existen variables que pueden mostrar variación limitada e impiden la discriminación entre los genotipos. Bajo este contexto se realizó un análisis de componentes principales y un gráfico de dispersión (Figura 1), que permitió explicar la variación de los datos y elegir aquellas variables que permitieron la discriminación y la selección de las expresiones superiores. A pesar de que el rendimiento de grano (RTO) fue la característica de mayor importancia y el aspecto principal a mejorar, se determinaron otras variables como días a floración (DFM y DFF), altura de la planta y la mazorca (ALPTA y ALMZA), características de la mazorca (PMZ, DMZ, PSEM, IDESG, DOLO, GHIL, LMZ, HIL) y del grano (GE, GA y GL, P100G) así como la humedad (HUM), las cuales se definieron para identificar los mejores genotipos.

En el análisis de dispersión, el CP1 y CP2 representaron en conjunto el 37.1 % de la variación total y aunque baja, permitieron identificar aquellas características que más aportan a la variación y que permiten la selección de los genotipos deseables. En el gráfico (Fig. 1) se observa la diferencia entre las variables, puesto que los ángulos de los vectores tienen un comportamiento independiente, cada una de ellas muestra de manera contrastante la expresión de los genotipos, es decir, a mayor separación de los ángulos de los vectores ( $45^\circ$ ), las variables son completamente independientes, por lo que fue la manera de seleccionar variables.

Con base en el análisis de dispersión se definieron seis variables: DFM, DFF, ALPTA, RTO, DMZ, PSEM, con las que se planteó la selección de las familias sobresalientes dentro de cada población. Estas variables se asociaron con la floración, la altura de la planta, el rendimiento de grano y dos características de la mazorca como diámetro y el peso de la semilla. La información que fue posible obtener de estas características permitió la selección de genotipos con características adecuadas para la región de producción.



Las variables que no mostraron amplia relevancia en la explicación de los datos fueron: GE, GA, GL, IDESG, DOLO, PMZ, P100G, GHIL, LMZ, HIL, HUM, ALMZA, en este caso, estas variables presentaron limitada variación y por lo tanto la discriminación entre los genotipos puede ser limitada.



**Figura 1.** Representación de los dos componentes principales y análisis de dispersión gráfico de las características agronómicas determinadas en poblaciones de maíz nativo de Coahuila.

GE= Espesor de grano, GA= Ancho de grano, GL= Longitud de grano, IDESG= Índice de desgrane, Dolo= Diámetro de olote, Pmz= Peso de la mazorca, P100g= Peso de 100 semillas Ghil= Numero de granos por hilera, RTO= Rendimiento, Dmz= Diámetro de la mazorca, Psem= Peso de la semilla, Lmz= Longitud de la mazorca, Hil= Número de hileras, HUM= Humedad relativa, ALPTA= Altura de la planta, ALMZA= Altura de la mazorca, DFM= Días a floración masculina, DFF= Días a floración Femenina.

## 4.2 Análisis de varianza

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza combinado, donde se estudiaron Localidades, Genotipos, Poblaciones, Familias dentro de Poblaciones [FAM(POB)], Testigos y sus correspondientes interacciones. Los resultados muestran diferencias altamente significativas para las localidades de evaluación para DFM y DFF ( $P \leq 0.01$ ) y significativa para la variable RTO ( $P \leq 0.05$ ). Estas diferencias se debieron a la variación encontrada entre las localidades, resultado de las diferentes condiciones ambientales asociadas a la temperatura, humedad, precipitación, presencia de plagas y enfermedades, lo que generó variación entre los sitios de evaluación.

Entre los Genotipos se identificaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables; esto se debió a que dentro de los genotipos existe una amplia variación explicada por la variación de las poblaciones, las familias dentro de las poblaciones y los testigos. Entre Poblaciones también se identificaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables; esta significancia se asoció con la diversidad entre las poblaciones, que, aunque pertenecen al mismo grupo racial, su origen ecológico es diferente, además de la variación provocada por la selección de los productores a cada población.

Las familias dentro de cada población mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), para todas las variables; esto como se esperaba indicó que entre las familias de al menos una población existen diferencias entre familias, lo cual permite la selección de sobresalientes.

En los Testigos solo las variables DFM y DFF mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) y significativas ( $P \leq 0.05$ ) para PSEM; esto mostró que los testigos difirieron en su fenología, pero no en su productividad. Para las poblaciones vs testigos se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para PSEM y significativas ( $P \leq 0.05$ ) para DMZ. Esto describe que a pesar de la alta diversidad de poblaciones y los distintos testigos, el comportamiento fue muy similar excepto en el peso y diámetro de la mazorca.

La interacción Localidad x Genotipos, mostró significancia ( $P \leq 0.01$ ) solo para RTO, en la interacción Localidades x Poblaciones hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para ALPTA, y  $P \leq 0.05$  para RTO y DFF. Esto mostró una respuesta diferencial de las poblaciones en tales características respecto a los ambientes de evaluación, encontrando interacción para las principales características agronómicas que permiten descartar la expresión de las poblaciones.

Para la interacción Localidades x Familias (Poblaciones) se muestran diferencias altamente significativas para RTO, para el resto de las variables no hubo significancia. Esto se debió a que las respuestas de las familias tienen un comportamiento similar a través de las localidades excepto en el rendimiento de grano.

En la interacción Localidad x Testigos las variables evaluadas no mostraron diferencias significativas, debido a ello, se menciona que los testigos tienen comportamiento similar a través de las localidades, por lo que las variables mantienen las mismas respuestas en ambas localidades a distintos ambientes.

Para la interacción Localidad vs (Poblaciones vs Testigos) hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para RTO y PSEM, y solo significativas ( $P \leq 0.05$ ) para DMZ, esto muestra la alta variación entre las poblaciones y los testigos para las características mencionadas.

En un estudio similar para las localidades de evaluación con poblaciones nativas de Coahuila, Espinosa et al. (2019) encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en cuanto a DFM entre las poblaciones evaluadas; sin embargo, para el rendimiento de grano no se encontró significancia, lo que supone una interacción entre las condiciones ambientales y la procedencia de las poblaciones.

**Cuadro 3** Cuadrados medios del análisis de varianza de las poblaciones nativas evaluadas en Buenavista, Saltillo y El Mezquite, Galena, Nuevo León.

FV	GL	RTO t ha <sup>-1</sup>	DFM d	DFF d	ALPTA cm	DMZ mm	PSEM g
Localidad	1	150.2 *	11673 **	10061.3 *	41203.5 ns	0.4 ns	341.9 ns
Rep (Loc)	2	6.0 *	18.7 ns	26.8 ns	5716.6 **	5.6 ns	805.3 ns
Bloq (Rep*Loc)	20	14.96 **	50.37 **	75.66 **	2473.8 **	18.8 **	2627.8 **
Genotipos	47	11.2 **	57.1 **	68.7 **	1311.2 **	23.6 **	2124.9 **
Poblaciones	7	32.1 **	115.3 **	172.3 **	5091.0 **	28.2 **	4109 **
Fam (Poblaciones)	41	12.1 **	47.3 **	60.2 **	1399.6 **	24.1 **	2085.5 **
Testigos	5	5.9 ns	136.7 **	139.9 **	759.0 ns	14.4 ns	1521.1 *
Pob vs Testigos	1	2.8 ns	58.7 ns	61.0 ns	444.6 ns	47.6 *	6757 **
Loc*Genotipos	47	3.6 **	6.5 ns	11.1 ns	369.8 ns	7.4 ns	678.2 ns
Loc x Poblaciones	7	5.8 *	17.3 ns	28.9 *	1293.7 **	4.6 ns	661.2 ns
Loc X Fam(Pob)	41	2.9 **	6.9 ns	9.7 ns	383.6 ns	6.7 ns	425.8 ns
Loc X Testigos	5	2.7 ns	3.9 ns	23.1 ns	273.2 ns	7.0 ns	623.3 ns
Loc X (Pob vs Testigos)	1	37.4 **	3.9 ns	9.7 ns	286.0 ns	40.8 *	11303.2 **
Error	142	1.8	7.1	11.5	355.3	7.6	484.7
CV %		21.9	3.2	3.9	8.7	6.4	20.1

\*, \*\*, Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; RTO= Rendimiento de grano; ALPTA; Altura de Planta; DFM= Días de Floración masculina; DFF= Días de Floración femenina; DMZ= Diámetro de mazorca; PSEM= Peso de la semilla; y CV= Coeficiente de Variación.

### **4.3 Comportamiento agronómico en las localidades, las poblaciones y los testigos evaluados**

En el Cuadro 4, se muestran los valores medios de las Localidades, las Poblaciones y los Testigos. En las localidades, de acuerdo con las pruebas de medias en cada variable, El Mezquite muestra superioridad con respecto a Buenavista, excepto en PSEM y DMZ, donde, aunque hubo un mayor RTO de al menos  $2 \text{ t ha}^{-1}$ , también existieron 14 días más en DFM y DFF, y al menos 30 cm de diferencia en ALPTA. Las diferencias se asociaron con el ambiente de cada localidad, así El mezquite presentó mejores condiciones para la producción.

En las dos localidades, la variación fue significativa, tomando en cuenta que el Mezquite registró el mayor rendimiento de grano, pero que la precocidad y la altura de la planta podría ser un factor no tan favorable para estas poblaciones, en cambio, Buenavista mostro mayor estabilidad para la mayoría de las variables, y que además ahí se registraron las poblaciones con mayor precocidad y una altura adecuada.

Entre poblaciones (Cuadro 4) hubo variación para cada variable excepto DMZ; la población con el mayor rendimiento fue COAH089 con un valor de  $7.7 \text{ t ha}^{-1}$  y la de menor rendimiento en grano fue COAH068, con  $4.6 \text{ t ha}^{-1}$ . La floración masculina y femenina mostró una variación de 78 a 91 días. COAH215 fue la de menor ciclo (78.5 DFM y 81.9 DFF), mientras que la población más tardía fue COAH068. Con base en el promedio del rendimiento de grano se consideró que es posible continuar con la mejora genética de al menos las 3 poblaciones de mayor rendimiento: COAH089, COAH125 y COAH177.

En la ALPTA la variación fue significancia, dado que los valores medios registraron una diferencia en altura de 40 cm, donde COAH215 (233.0 cm) y COAH182 (193.0 cm) fueron los valores extremos, respectivamente; por otra parte, para el diámetro de la mazorca no hubo diferencia, dado que el intervalo de la mazorca se encontró entre 41.5 y 43.8 mm. En el peso de la semilla COAH089 presento mayor peso y COAH078 el menor.

Entre los Testigos se encontró que estos tuvieron características muy similares, al no encontrar diferencias en RTO, ALPTA, DMZ y PSEM; en DFM solo CoahxOc fue intermedio y el resto se consideraron precoces; no obstante, se observó que el mayor rendimiento coincidió con el mayor ciclo (DFM).

Respecto a las medias de las poblaciones y los testigos, el comportamiento de las poblaciones fue mayor en todas las variables evaluadas, para el rendimiento de grano las poblaciones obtuvieron un valor de  $6.1 \text{ t ha}^{-1}$ , con respecto a los testigos que mostraron un rendimiento de  $5.9 \text{ t ha}^{-1}$ . En cuanto a los días de floración masculina y femenina, las poblaciones mostraron ser más tardíos que los testigos, con 82.8 días (DFM) y 85.7 días (DFF), en la altura de la planta la diferencia fue de 3.4 cm, teniendo un valor de 216.7 cm en poblaciones y 213.3 en testigos. Al igual, el diámetro de mazorca en las poblaciones fue superior comparado con los testigos, con 43.2 mm y 41.9 mm respectivamente. Para el peso de la semilla las poblaciones tuvieron un valor de 111.6 g, comparado con los testigos que mostraron un valor de 93.5 g, teniendo una diferencia de 18.1 g.

**Cuadro 4.** Valores medios de la expresión agronómica de las localidades, poblaciones y testigos evaluados.

		RTO		DFM		DFF		ALPTA		DMZ		PSEM	
		t ha <sup>-1</sup>		d		d		cm		mm		g	
Localidad	El Mezquite	7.0	a	90.9	a	93	a	230.1	a	43.2	a	109.8	a
	Buenavista	5.3	b	75.7	b	78.9	b	201.5	b	43.2	a	107.2	a
	DMS	0.3		0.6		0.8		4.8		0.7		5.6	
Población	COAH089	7.7	a	84.1	ab	86.2	bc	229	ab	43.8	a	126.2	a
	COAH215	6.9	ab	78.5	c	81.9	d	233	a	43.9	a	123.8	a
	COAH177	6.6	abc	83.5	ab	85.5	bcd	207	de	44.5	a	116.8	ab
	COAH182	6.4	abc	83.2	ab	85.5	bcd	193.4	e	42.7	a	108.4	ab
	COAH213	6.2	abcd	81.3	bc	83.2	cd	220.7	abcd	44.7	a	116	ab
	COAH083	5.3	bcd	80.9	bc	83.1	cd	209.6	cde	42.1	a	111	ab
	COAH078	5.0	cd	85.9	a	89.1	ab	227.6	abc	42.5	a	94.8	b
	COAH068	4.6	d	85.1	a	90.9	a	213	bcd	41.5	a	95.8	b
	Media	6.1		82.8		85.7		216.7		43.2		111.6	
DMS	1.7		3.5		3.9		18.8		17.4		27		
Testigos	CoahxOc	7.2	a	89.8	a	88.3	ab	224	a	44.6	a	112.9	a
	Pool17	7.2	a	78.8	b	80.3	bc	231.5	a	43.1	a	113.9	a
	Pool33	5.8	a	77.0	b	78.5	c	214.3	a	38.9	a	92.6	ab
	Pool18	5.7	a	78.3	b	85.5	abc	192.5	a	41.6	a	91.9	ab
	Pool34	5.2	a	78.5	b	80	bc	212.5	a	41.7	a	88.8	ab
	Ocampo	4.0	a	89.0	a	93.8	a	205	a	41.2	a	60.6	b
	Media	5.9		81.9		84.4		213.3		41.9		93.5	
	DMS	4.6		5.6		9		67.7		7.6		45.4	

Medias con letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $P \leq 0.05$ ),

RTO= Rendimiento; DFM= Días de Floración masculina; DFF= Días de Floración Femenina; ALPTA; Altura de Planta; DMZ= Diámetro de mazorca; PSEM= Peso de la Semilla; DMS= Diferencia Significativa Mínima.

#### **4.4 Selección de familias para las poblaciones evaluadas.**

En el Cuadro 5, se presentan las familias evaluadas de la población COAH078, donde se encontraron rendimientos de 2.6 a 7.7 t ha<sup>-1</sup>, es decir, una diferencia de 5.1 t ha<sup>-1</sup>. La familia 9 fue la que obtuvo el mayor rendimiento con un valor de 7.7 t ha<sup>-1</sup>, mientras que la familia con rendimiento menor fue la familia 7. Para la floración (DFM y DFF), las familias fueron iguales; no obstante, se observó una relación inversa con el rendimiento, es decir, las poblaciones de mayor rendimiento fueron aquellas de menor ciclo, contrariamente a lo esperado.

En la altura de la planta las familias tuvieron un comportamiento similar, con diferencias de 18 cm. Para DMZ todas las familias reportaron valores similares en un rango que van de 41.0 a 45.8 mm. En el PSEM los resultados mostraron hasta 120 g, donde hubo una relación directa, como se esperaba, entre el rendimiento y el peso de la semilla. Con base en los resultados se encontró que las familias sobresalientes fueron 1,8 y 9.

En la población COAH083 (Cuadro 5), las familias no mostraron diferencias significativas, y se observó que efectivamente los valores medios son muy similares para cada variable, lo cual es indicativo de que existe variación limitada dentro de la población y por lo tanto puede realizarse la recombinación de las diferentes familias o bien dar oportunidad a continuar con un menor número de poblaciones; el mismo caso se observó en la población COAH068 (Cuadro 5).



**Cuadro 5** Valores medios de las características agronómicas de las familias de las poblaciones de maíz nativo: COAH078, COAH083 y COAH068.

POBLACIÓN	FAM	RTO		DFM		DFF		ALPTA		DMZ		PSEM	
		t	ha	d	d	d	d	cm	cm	mm	mm	g	g
COAH078	9	7.7	a	80.5	b	81.8	b	221.3	a	45.8	a	134.1	a
	8	6.9	ab	86.3	a	88.5	a	226.8	a	41	a	112.4	ab
	1	5.3	abc	87.2	a	89.1	a	226.8	a	41.9	a	108	ab
	6	4.9	bc	85.5	a	89.3	a	234.3	a	43.2	a	82.5	bc
	2	4.5	bc	86	a	89.5	a	230	a	44.1	a	93.6	ab
	3	4.2	bc	84.5	a	89.8	a	231.5	a	41.6	a	77	bc
	4	4.0	c	87	a	91.3	a	238.5	a	41.3	a	72.3	bc
	5	3.3	c	85.3	a	90.8	a	219	a	43.2	a	71.8	bc
	7	2.6	c	86.3	a	91.8	a	223.5	a	43.1	a	49.3	c
DMS		2.8		20.6		20		61.8		4.9		43	
COAH083	2	5.6	a	80	a	83	a	207.5	a	42	a	115.1	a
	4	5.4	a	82	a	83.5	a	199.5	a	42.9	a	110.6	a
	1	5.4	a	82.8	a	84	a	216.3	a	43.3	a	111	a
	3	4.9	a	79	a	82	a	215	a	40.2	a	107.3	a
DMS		2.7		17.2		15.6		59.9		4		27.7	
COAH068	1	4.7	a	84.8	a	92	a	231.5	a	41.1	a	99.8	a
	2	4.5	a	85.5	a	89.8	a	194.5	b	42	a	91.9	b
DMS		2.1		16.8		11.9		24.9		7.9		56.1	

FAM= Familias; RTO= Rendimiento; DFM= Días de Floración masculina; DFF= Días de Floración Femenina; ALPTA; Altura de Planta; DMZ= Diámetro de mazorca; PSEM= Peso de la Semilla; DMS= Diferencia Significativa Mínima.

En el Cuadro 6 se muestran las medias para las poblaciones COAH089 y COAH177. Para la población COAH089, a pesar de la variación no hubo diferencias estadísticas entre las familias, excepto en DMZ; no obstante, la variación fue de 6.5 a 9.6 t ha<sup>-1</sup> para RTO, donde sobresalieron familias con RTO mayor a 8.0 t ha<sup>-1</sup> las familias 7, 4, 6, 8, 9 y 5 mientras que la familia 1 reportó el rendimiento más bajo con un estimado de 6.5 t ha<sup>-1</sup>. Para DFM y DFF las diferencias fueron menores a 3 días, mientras que para ALPTA la diferencia fue de 25 cm, para PSEM de 50 g, y de forma significativa para DMZ, 6 mm fueron suficientes para discriminar entre familias. Las familias con  $\geq 8.0$  t ha<sup>-1</sup> se consideraron sobresalientes.

En la población COAH177 (Cuadro 6), para RTO hubo familias sobresalientes; la familia con mayor rendimiento en grano fue la 3 (9.3 t ha<sup>-1</sup>), seguido de la familia 5 (7.5 t ha<sup>-1</sup>) y la familia 6 (7.1 t ha<sup>-1</sup>). Los resultados muestran un intervalo de variación de 5.2 t ha<sup>-1</sup>. Para DFM y DFF la familia de mayor RTO (fam3) fue la tardía; para la altura de la planta no se encontraron diferencias, aunque hubo un intervalo de 30 cm. Para el diámetro de mazorca se encontraron distintos grupos de significancia, las medias mostraron un rango de 37.6 a 49.0 y para el peso de la semilla se registraron pesos en un rango de 77.0 a 140.3 g, destacando la familia 6 con un peso de 140.3 y seguido de la familia 5 con un valor de 139.0 g. Las familias deseables de recombinar fueron 4, 5 y 6.

**Cuadro 6** Valores medios de las características agronómicas de las familias de las poblaciones COAH089 y COAH177.

POBLACIÓN	FAM	RTO		DFM		DFF		ALPTA		DMZ		PSEM	
		t	ha	d	a	d	a	cm	a	mm	ab	g	a
COAH089	7	9.6	a	83.5	a	84.8	a	243.5	a	45.3	ab	158.5	a
	4	9.1	a	86	a	87.8	a	228.8	a	44	ab	134.1	a
	6	8.8	a	84.5	a	85	a	243.8	a	45.4	ab	144	a
	8	8.6	a	85	a	87.3	a	224.3	a	46.9	a	133.6	a
	9	8.3	a	85	a	88	a	233.3	a	44.9	ab	117.6	a
	5	8.0	a	82.8	a	83.5	a	233.5	a	42.8	ab	128	a
	3	7.0	a	84	a	87.3	a	227.5	a	46	ab	138.8	a
	2	6.5	a	83.5	a	86	a	216.8	a	44.1	ab	113.6	a
	1	6.5	a	83.6	a	86.3	a	222.5	a	40.9	b	106.7	a
DMS		3.8		19.4		19.2		45.9		5.8		53.6	
COAH177	3	9.3	a	93.5	a	94.5	a	219.5	a	46.2	ab	133.4	a
	5	7.5	ab	80	b	82.5	b	194.3	a	48.7	a	139	a
	6	7.1	b	81.8	b	84.8	b	240.8	a	49	a	140.3	a
	4	6.8	b	83.3	b	86.3	b	205.8	a	43.1	abc	107.9	ab
	1	4.9	c	79.8	b	81	b	192.5	a	42.2	bc	103.4	ab
	2	4.1	c	83	b	84.3	b	189.5	a	37.6	c	77	b
DMS		1.9		5.03		4.9		89.3		6.4		52.7	

FAM= Familias; RTO= Rendimiento; DFM= Días de Floración masculina; DFF= Días de Floración Femenina; ALPTA; Altura de Planta; DMZ= Diámetro de mazorca; PSEM= Peso de la Semilla; DMS= Diferencia Significativa Mínima.

En el Cuadro 7 se muestran las familias de las poblaciones COAH182, COAH213 y COAH215; en la población COAH182, el comportamiento de las familias en el rendimiento mostro variabilidad, aunque no significancia; el RTO vario de 4.7 t ha<sup>-1</sup> hasta los 8.5 t ha<sup>-1</sup>, las familias con mayor rendimiento fueron: 1, 7 y 6. Para DFM y hubo significancia estadística donde la familia 5 fue precoz mientras que la fam1 fue la más tardía. La ALPTA tuvo un rango de 170 a 207.5 cm; las familias que se mostraron con mayor altura fueron la familia 6 con 207.5 cm, la familia 1 con 201.8 y la familia 8 también con 201.8. Para el diámetro de la mazorca y el peso de la semilla las familias mostraron un comportamiento similar. Las familias deseables fueron las Fam1, 7 y 6.

En las poblaciones COAH213 y COAH215 (Cuadro 7) hubo dos familias para cada población, entre las cuales las diferencias fueron muy reducidas, aunque COAH215 mostró mayor potencial que COAH213.

**Cuadro 7** Valores medios de las características agronómicas de las familias de las poblaciones COAH182, COAH213 y COAH215.

POBLACIÓN	FAM	RTO		DFM		DFF		ALPTA		DMZ		PSEM	
		t	ha	d	a	d	a	cm	a	mm	a	g	
COAH182	1	8.5	a	84.5	a	88.5	a	201.8	ab	42.3	a	111.8	a
	7	7.8	a	85.8	ab	87.3	a	198	ab	44	a	119.5	a
	6	7.3	a	85.3	ab	87	a	207.5	a	42.8	a	116.8	a
	8	6.7	a	83.5	ab	84.5	a	201.8	ab	46.3	a	124.8	a
	4	5.7	a	84.5	ab	88.3	a	196.5	ab	42.4	a	95.9	a
	2	5.5	a	83.3	ab	85.3	a	172.3	ab	41.6	a	95	a
	3	5.1	a	84	ab	86.3	a	170	b	41.2	a	84.8	a
	5	4.7	a	75	c	77	b	199.8	ab	41.1	a	118.7	a
DMS		4		22		21.3		43.6		7		45.3	
COAH213	1	6.3	a	81.4	a	83.1	a	221.9	a	44.7	a	117.8	a
	9	5.8	a	80.8	a	83.8	a	211.8	a	44	a	103.9	a
	DMS		1.7		10.5		11		21.8		2.9		26.2
COAH215	1	7.4	a	76	a	79.3	a	230.3	a	42.1	a	122.1	a
	2	6.4	a	81	a	84.5	a	235.8	a	45.8	a	125.4	a
	DMS		2.3		16.2		15.5		36.7		4		38.8

FAM= Familias; RTO= Rendimiento; DFM= Días de Floración masculina; DFF= Días de Floración Femenina; ALPTA; Altura de Planta; DMZ= Diámetro de mazorca; PSEM= Peso de la Semilla; DMS= Diferencia Significativa Mínima.

Los resultados respecto al comportamiento de las medias de las familias en las poblaciones, muestran diferencias para cada una de ellas en las variables RTO, DFM, ALPTA, DMZ y PSEM, que coincide con lo mencionado por Rodríguez *et al.* (2016), en donde encontraron diferencias entre familias para FM (floración masculina), FF (floración femenina), RG (rendimiento de grano) y AP (altura de planta), además mencionan que las mejores ganancias genéticas se obtienen por medio de la selección de las siguientes variables: altura de planta, altura de mazorca, floración masculina, floración femenina y la longitud de mazorca.

El rendimiento mayor que se observó en una de las familias fue de  $9.6 \text{ t ha}^{-1}$  y la de menor rendimiento fue de  $2.6 \text{ t ha}^{-1}$ ; dado estos resultados, Maya y Díaz (2002) mencionaron que esto se podría explicar en función de las diferencias en los ambientes de selección y evaluación. Al realizar selección para formar nuevas variedades y detectar una con mayor rendimiento de grano, pero con un fenotipo y madurez similar al de la original Coutiño *et al.* (2008) encontraron un incremento de  $0.474 \text{ t ha}^{-1}$ , es decir, un incremento total de 9 % por ciclo de selección; Preciado *et al.* (2013) mencionan que con el método de selección recurrente es posible obtener ganancias en rendimiento de grano desde  $0.10\text{--}0.11 \text{ t ha}^{-1}$ , a través de cada ciclo de selección.

Maya y Díaz (2002) en un estudio de selección recurrente en tres poblaciones de maíz reportaron que en Jalisco la ganancia en rendimiento fue de  $96 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que en los ciclos procedentes del CIMMYT fue de  $43 \text{ kg ha}^{-1}$ , por año, así mismo mostraron que estas diferencias entre poblaciones se debieron a las diferencias en los ambientes de selección y evaluación de los ciclos, así como el método de selección aplicado. En el primer caso, la selección y la evaluación de los ciclos obtenidos en Jalisco se hizo en ambientes subtropicales, mientras que los realizados en el CIMMYT, se realizó en ambientes tropicales, por lo que la respuesta obtenida en la selección aplicada por el CIMMYT pudo haber sido subestimada.

En la selección de las familias por población, Rodríguez *et al.* (2016) indicaron que cuando la selección se realiza en base a distintos caracteres independientes, utilizando hasta siete caracteres asociados al rendimiento de grano, existe mayor ganancia genética.

En base a los resultados obtenidos y las comparativas con otros estudios, se plantea que el maíz de la raza tuxpeño es ideal para programas de mejoramiento genético, ya que, por su alto rendimiento, la calidad de grano y la tolerancia a plagas y enfermedades, muestran que su base genética influye en la capacidad de cruzamiento y productividad, posicionándola como una de las razas más competentes en cuanto al mejoramiento genético de poblaciones nativas (López, 2017).

En la región sureste de Coahuila se han identificado razas con potencial de rendimiento y calidad de grano, teniendo una presencia del 22 %, la raza Tuxpeño se ha descrito como raza con mayor presencia en esta zona (Sánchez, 2009). Por otra parte, el maíz Tuxpeño es una raza que se caracteriza por su alto potencial de adaptabilidad a distintas zonas, lo que permite que para la región sureste de Coahuila sea una de las razas con mayor diversidad genética y que en base a ello podemos influir en el mejoramiento de nuevas variedades de este. Además, la selección realizada en este trabajo permite identificar las mejores familias y poblaciones para continuar con el ciclo de selección, que permitirá mejores resultados en cuanto al rendimiento y la calidad de grano entre las poblaciones nativas del sureste de Coahuila.

## **V. CONCLUSIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento, se demuestra que la amplia diversidad genética y los ambientes evaluados influyeron sobre las variables estudiadas. En base a lo anterior se observó que las poblaciones sobresalientes por sus características agronómicas fueron: COAH089, COAH215 y COAH177.

Para la población COAH089 las familias más sobresalientes fueron 7, 4 y 6. Para COAH215 las familias 1 y 2, y para COAH177 fueron las familias 3, 5 y 6.

Las familias sobresalientes de las tres poblaciones destacadas serán aquellas que se recombinarán para continuar en el mejoramiento para el desarrollo de variedades de polinización libre para el sureste de Coahuila.



## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre M. V. J., Rincón S. F., Ramírez R., Colón O. G., y Razo M. G. (2010). Modelo para la conservación de maíces criollos en el Sureste de Coahuila, México. Ed. UAAAN-COLPOS-SINAREFI.
- Barreto H. J., Edmeades, G. O., Chapman, S. C., & Crossa, J. (1997). The alpha lattice design in plant breeding and agronomy: generation and analysis. In: Proc Symp. On Developing Drought-and Low N-Tolerant Maize. O. Edmeades G., M Bänzinger, R. Mickelson H., C.B. Peña-Valdivia (eds). El Batán, México, March 25-29. CIMMYT. México, D.F. pp:544-551.
- Brauer, O. (1976). Fitogenética Aplicada (Primera ed.). México: Limusa. 518 pp.
- Camarena Mayta, F., Chura Chuquiya, J., & Blas Sevillano, R. H. (2014). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Agrosaber del banco agropecuario. 286 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2020a). Razas de maíz en México. Consulta: febrero 06, 2025. Disponible en línea <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2020b). Tuxpeño Norteño. Consulta: febrero 06, 2025. Disponible en línea <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-DentadosT/TuxpenoNort>
- Coutiño-Estrada, B., G. Sánchez-Grajales, y V. A. Vidal-Martínez. (2008). Selección entre y dentro de familias de hermanos completos de maíz en Chiapas, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 31(2): 115-115.
- Díaz-Ceniceros, H. L., H. E. Villaseñor-Mir, I. Benítez-Riquelme, M. C. Mendoza-Castillo y R. Hortelano-Santa Rosa. (2020). Avance genético en 14 ciclos de selección recurrente en la población androestéril PANDOLY.PABG de trigo. Revista Fitotecnia Mexicana, 43(3): 267-274. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.267>
- Díaz-Ramírez, G., C. D. León-García A., D. Nieto-Ángel, y M. C. Mendoza-Castillo. (2021). Ganancia en ciclos de selección recurrente para rendimiento y resistencia a carbón de la espiga en maíz. Revista Mexicana de Fitopatología, 39(1): 61-74. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2008-1>

- Eilert, G. (1985). *Genética Cuantitativa. II: Selección*. Córdoba: Springer. 249 p.
- Espinosa T., L. C., F. Rincón S., N. A. Ruíz T., J. M. Martínez R., y A. Benavides M. (2019). Respuesta ambiental de poblaciones nativas de maíz del sureste de Coahuila, México. *Nova Scientia*, 11(23): paginas.<https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1931>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2024). *Panorama Agroalimentario*. Consulta: noviembre 24, 2024. Disponible en línea <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=122742>
- Geraldi, I.O. (1997). Selección recurrente en el mejoramiento de plantas . In: Guimaraes, Elcio Perpétuo (ed.). *Selección recurrente en arroz* . Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 3-11. (Publicación CIAT no. 267)
- INEGI. (2020). *Topografía*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en línea. <https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/>
- Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI). (2007). *CropStat for Windows 7.2.2007.3 1998-2007*. International Rice Research Institute. Metro Manila, Philippines.
- Kato, T. Á., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, y R. A. Bye. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF, 116 p.
- López M., F., M. G. Vázquez C., J. J. García Z., G. López R., D. Reyes L., y J. D. Molina G. (2019). Estabilidad y adaptación del rendimiento y calidad de tortilla en maíz Tuxpeño, Valles-Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8): 1809-1821. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1851>
- López-Morales, F., J. J. García-Zavala, T. Corona-Torres, S. Cruz-Izquierdo, G. López-Romero, D. Reyes-López, M. G. Vásquez-Carrillo, y J. D. Molina-Galán. (2020). Comparación del rendimiento y cambios morfológicos en maíz Tuxpeño V-520C adaptado a valles altos en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(2): 133-141.<https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.133>
- López-Morales, F., M. G. Vázquez-Carrillo, J. D. Molina-Galán, J. J. García-Zavala, T. Corona-Torres, S. Cruz-Izquierdo, G. López-Romero, D. Reyes-López, y G. Esquivel-Esquivel,. (2017). Interacción genotipo-ambiente, estabilidad del rendimiento y calidad de grano en maíz Tuxpeño. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5): 1035-1050. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.106>

- López-Morales, Fernando, Vázquez-Carrillo, María Gricelda, García-Zavala, J. Jesús, Reyes-López, Delfino, Bonilla-Barrientos, Olga, Esquivel-Esquivel, Gilberto, García, Ligia, Hernández-Salinas, Gregorio, Pérez-Jiménez, Genaro, Herrera-Pérez, Lusmila, & Molina-Galán, José D. (2021). Rendimiento y calidad del maíz Tuxpeño V-520C adaptado con selección masal a Valles Altos, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2): 231-239. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.231>
- Macchi, L. G., F. Rincón S., N. A. Ruiz T. y F. Castillo G. (2010). Selección y mantenimiento de poblaciones. Una perspectiva para la conservación in situ de la diversidad genética del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4): 43-47.
- Márquez, F. (1985). *Genotecnia vegetal* (Primera ed.). México: Agt editor. 357 p.
- Márquez-Sánchez, F. (2013). Cálculo de la endogamia en la selección recurrente de familias en el maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(1), 153-158. Recuperado en 07 de febrero de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342013000100012&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000100012&lng=es&tlng=es).
- Maya, Lozano, J. B, y Díaz, J. L. R. (2002). Selección recurrente en tres poblaciones de maíz para el subtrópico de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(2): 201-207.
- Molina, J. D. (1992). *Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa* (Primera ed.). México: Agt Editor, S. A: 370 p.
- Niazian, M., y G. Niedbala, (2020). Machine learning for plant breeding and biotechnology. *Agriculture*, 10(10): 436.
- Paliwal, R. L. (2001). *El Maiz en Los Tropicos: Mejoramiento Y Produccion* (Coleccion FAO: Produccion Y Proteccion Vegetal) (No. 28). Food & Agriculture Org..
- Pérez, C. A., G., J. D. Molina, y A Martinez G. (2002). Adaptación clima templado de razas tropicales y subtropicales de maíz de México por selección masal visual. rendimiento, altura de planta y recocidad. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(4): 435-441.
- Rincón, S. F., C. J. Hernández P., F. Zamora C., J. M. Hernández C., N. A. Ruiz T., C. N. Illescas P. y L. Ramón G. (2013). Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Estado de Coahuila. INIFAP-UAAAN. Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto No. FZ002. México, D. F, 16p.

- Rincón, S. F., F. Castillo G. y N. A. Ruiz, T. (2010). Diversidad y distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México, SOMEFI, Chapingo, México. 116p.
- Rodríguez P., G, F. Zavala G., A. Gutiérrez D., J. E. Treviño R., M. C. Ojeda Z., y M. Mendoza E. (2016). Estrategias de selección en familias de hermanos completos en dos poblaciones de maíces criollos. *Phyton (Buenos Aires)*, 85(2): 194-202.
- Sánchez-Ramírez, F. J. (2024). Situación actual de la producción de maíz nativo en Saltillo, Coahuila, México: La producción de maíz nativo en Saltillo, Coahuila. *Agro-Divulgación* 4(6): 105-107. <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.323>
- Santiago-López, N., J. J. García-Zavala, A. Mejía-Contreras, A. Espinoza-Banda, U. Santiago-López, G. Esquivel-Esquivel, y J. D. Molina-Galán. (2017). Rendimiento de grano de poblaciones de maíz Tuxpeño adaptado a Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(1):147-158. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.78>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2019). Mejoramiento genético, productividad, sustentabilidad y perfección. Consulta: febrero 06, 2025. Disponible en línea <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mejoramiento-genetico-productividad-sustentabilidad-y-perfeccion?idiom=es>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2020). Maíz blanco o amarillo es cultivo de tradición y desarrollo. Consulta: febrero 04, 2025. Disponible en línea <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-blanco-o-amarillo-es-el-cultivo-de-tradicion-y-desarrollo>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2023). Maíces nativos, patrimonio biológico, agrícola, cultural y económico. Consulta: Febrero 06, 2025. Disponible en línea <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/un-apoyo-para-agricultores-de-maices-nativos#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20en%20M%C3%A9xico%20es,de%205%20millones%20de%20toneladas>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2017). Somos gente de maíz y el maíz es de la gente. Consulta: febrero 6, 2025. Disponible en línea <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/somos-gente-de-maiz-y-el-maiz-es-de-la-gente#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20no%20es%20s%C3%B3lo,f%C3%A9cula%2C%20por%20mencionar%20s%C3%B3lo%20algunos>.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2022). Balanza Disponibilidad- Consumo maíz blanco. Consulta: febrero 05, 2025. Disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698909/Balanza\\_disponibilidad\\_consumo\\_enero\\_2022\\_Vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698909/Balanza_disponibilidad_consumo_enero_2022_Vf.pdf) línea
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). Balanza Disponibilidad-Consumo Maíz amarillo Consulta: febrero 05, 2025. Disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/860183/Balanza\\_Disponibilidad\\_Consumo\\_Septiembre\\_2023.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/860183/Balanza_Disponibilidad_Consumo_Septiembre_2023.pdf) línea
- Tardin, F. D., , M. G. Pereira, P. C. Gabriel A., A. T. Amaral J., y G. A. de Souza F., (2007). Selection index and molecular markers in reciprocal recurrent selection in maize. *Mejoramiento de Cultivos y Biotecnología Aplicada* (7): 225-233 p.
- Vega O., U. A. (1990). *Problemario de mejoramiento genético de plantas*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 84 p.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X., en colaboración con P. C. Mangelsdorf. (1951). *Razas de maíz en México. Su Origen, Características y Distribución*. Folleto Técnico N° 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México. 237 p.