

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Estabilidad y rendimiento de mestizos de maíz (*Zea mays* L.) en primavera y verano en la Comarca Lagunera.

POR:

AURELIO MARTÍNEZ VEGA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Estabilidad y rendimiento de mestizos de maíz (*Zea mays* L.) en primavera y verano en la Comarca Lagunera

POR:

AURELIO MARTÍNEZ VEGA

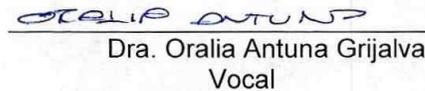
TESIS

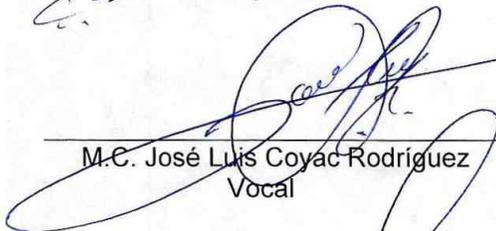
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

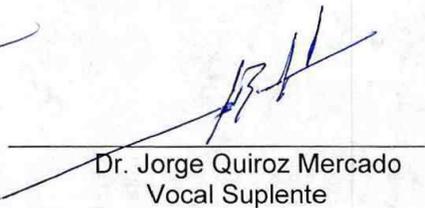
INGENIERO AGRÓNOMO

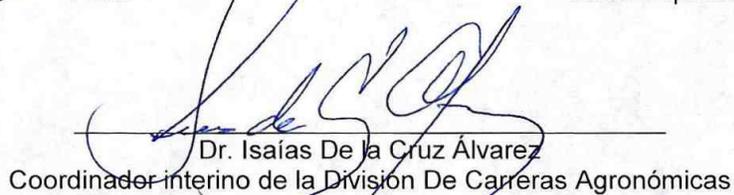
APROBADA POR:


Dr. Armando Espinoza Banda
Presidente


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Vocal


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Vocal


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal Suplente


Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Febrero, 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Estabilidad y rendimiento de mestizos de maíz (*Zea mays* L.) en primavera y verano en la Comarca Lagunera

POR:

AURELIO MARTÍNEZ VEGA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

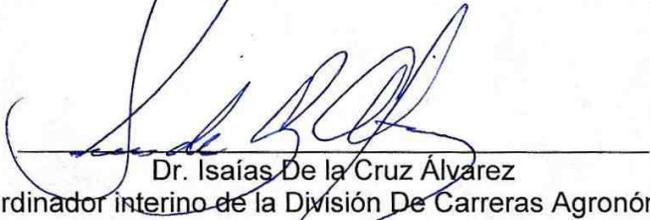
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Armando Espinoza Banda
Asesor principal


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Coasesor


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Coasesor


Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.
Febrero, 2020



AGRADECIMIENTOS

A mi querida “**Alma Terra Mater**” **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme el espacio de ser parte de ella y contribuir en mis sueños e ilusiones.

Con admiración y respeto al **Dr. Armando Espinoza Banda**, por permitirme ser parte de este proyecto, por su confianza, su paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo.

A mis **asesores**, Dr. Armando Espinoza Banda, Dra. Oralia Antuna Grijalva, M.C. José Luis Coyac Rodríguez, gracias por su apoyo y por ser parte de este trabajo.

A mis **maestros** que fueron pilar importante en mi formación profesional.

A mis **amigos**, Jair, Joselyn, Leonardo, Maricela, Idelfonso, Jonathan, Bryan, Uriel, Venancio, por su apoyo incondicional y por esos momentos de alegría vividos, fueron mi segunda familia, les deseo el mayor de los éxitos.

A quienes confiaron en mí; a todos mi más profundo agradecimiento.

DEDICATORIAS

A Dios, por darme vida, salud y sabiduría durante esta etapa académica

A mis padres, Gilberto Martínez Mendoza y Paulina Vega Hernández, por darme la vida, por confiar en mí, por sus grandes consejos que nunca olvidé, por todo su apoyo incondicional, sin ellos no hubiera logrado este sueño.

A mis hermanos, por todo su cariño y apoyo durante mi carrera universitaria.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo seleccionar los mejores mestizos por su comportamiento agronómico, rendimiento y con base a la aptitud combinatoria general (ACG). Para estimar los efectos de ACG, se evaluaron en campo 12 mestizos y un probador de amplia base genética conocido como Chojo. Los materiales fueron evaluados bajo dos ciclos diferentes, primavera y verano 2018 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 3 metros de largo y 0.75 m entre surcos a una distancia de 0.15 m entre plantas. Se tomaron datos de floración femenina (FF), floración masculina (FM), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), acame de raíz (ACR), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ), número de hileras (NH), número de granos por hilera (NGH), rendimiento de grano (RG). En el análisis de varianza, las variables AP, AM, LMZ, DMZ y RG fueron altamente significativas, en la interacción ciclo por tratamiento fue significativo en FM y RG y en los tratamientos fueron diferentes para las diez variables. El RG en primavera presentó 9.60 t ha⁻¹ y verano 5.61 t ha⁻¹. Dentro de los valores de ACG, los mestizos EN-05-10, EN-08-12, EN-06-16 y EN-02-16 mostraron el valor significativo positivo más alto para RG, 1.30, 1.16, 1.07 y 0.88 respectivamente. El mestizo EN-05-10 presentó el mayor rendimiento de grano y estabilidad con 8.9 t ha⁻¹.

Palabras clave: Probador, Mestizo, Aptitud Combinatoria General (ACG).

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS	II
RESUMEN.....	III
INDICE DE CONTENIDO.....	IV
INDICE DE CUADROS	V
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Probador	4
2.2 Mestizo.....	5
2.3 Aptitud combinatoria.....	5
2.4 Aptitud combinatoria general.....	6
2.5 Carácter braquítico.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Localización	8
3.2 Material genético.....	8
3.3 Diseño experimental.....	9
3.4 Manejo agronómico.....	9
3.4.1 Preparación del terreno.....	9
3.4.2 Siembra	9
3.4.3 Aclareo de plantas.....	9
3.4.4 Fertilización.....	9
3.4.5 Riegos.....	9
3.4.6 Control de plagas.....	9
3.4.7 Control de malezas	10
3.4.8 Cosecha.....	10
3.5 Características evaluadas	11
3.5.1 Floración masculina (FM).....	11
3.5.2 Floración femenina (FF)	11
3.5.3 Acame de raíz (ACR).....	11

3.5.4 Altura de planta (AP).....	11
3.5.5 Altura de mazorca (AM).....	11
3.5.6 Longitud de mazorca (LMZ).....	11
3.5.7 Diámetro de mazorca (DMZ).....	11
3.5.8 Numero de hileras (NHI).....	11
3.5.9 Numero de granos por hilera (NGH).....	12
3.5.10 Rendimiento de grano (RG).....	12
RESULTADOS Y DISCUSION	14
4. 1 Análisis de varianza.....	14
4.2 Valores medios.....	16
4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG).....	18
4.4 Coeficientes de correlación.....	19
CONCLUSIONES	20
LITERATURA CITADA	21

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 3.1 Número y genealogía de las líneas que fueron cruzadas con el probador Chojo en ambos ciclos, UAAAN-UL.....	8
Cuadro 3.2 Plagas que se presentaron en el ciclo primavera.....	10
Cuadro 3.3 Plagas que se presentaron en el ciclo verano.....	10
Cuadro 4.1 Significancia de cuadrados medios de 10 variables en 12 mestizos evaluados en primavera y verano del 2018. UAAAN UL.....	15
Cuadro 4.2 Valores medios de cada variable para los ciclos primavera y verano, UAAAN-UL, 2018.....	15
Cuadro 4.3 Valores medios de 12 mestizos en 10 variables evaluados en el ciclo primavera y verano del 2018. UAAAN UL.....	17
Cuadro 4.4 Aptitud Combinatoria General (ACG) en 12 mestizos cruzados con el probador Chojo, en 10 variables evaluados en primavera y verano del 2018. UAAAN UL.....	18
Cuadro 4.5 Coeficientes de correlación fenotípica para diez variables evaluadas en 12 mestizos y el probador.....	19

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es el commodity agrícola que más se produce en el mundo. Debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, el consumo humano y el uso industrial se ha convertido en uno de los productos más importantes en los mercados internacionales. Su relevancia económica y social supera a la de cualquier otro cultivo. Adicionalmente, el cultivo y transformación del maíz es fuente de empleo y alimento para un número importante de personas en el mundo (FIRA, 2016).

El maíz es el cultivo más importante de México, se caracteriza por una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales, sin embargo se hace mención de dos; maíz blanco, amarillo o forrajero. El maíz blanco se produce exclusivamente para el consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional (SIAP, 2007).

La Producción de maíz en 2017 fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie sembrada en el mismo año fue de 7.5 millones de hectáreas, gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en los 32 Estados de la República Mexicana se produce Maíz Grano. Los principales Estados productores son Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los Estados representan el (20%) restante.

El principal ciclo productivo en México es el de Primavera-Verano, en él se produce más del 84% del total, el 86% de la superficie corresponde a la modalidad de temporal, por lo cual la producción depende mayormente de las lluvias. El ciclo que presenta una producción más estable es el Otoño-Invierno, debido a que 62% de la superficie corresponde a la modalidad de riego. México ocupa el 8° lugar en producción mundial de maíz, en 2017 exportó a 17 países, en términos de valor principalmente a Venezuela (58%), Kenia (33%) y Estados Unidos (4%), lo que nos ubica como el 10° Exportador mundial de maíz grano (ASERCA 2018).

En la modalidad riego y temporal en la comarca lagunera se sembraron 175.60 hectáreas de maíz para grano con una producción total de 202.60 toneladas y 23,039.47 hectáreas de maíz forrajero en verde con una producción de 980,526.94 toneladas (SIAP, 2018).

El mejoramiento de líneas es una actividad muy importante dentro de un programa de mejoramiento genético, ya que permite mejorar los caracteres y corregir las deficiencias de los materiales existentes; sin perder la identidad de sus patrones heteróticos (Bauman, 1977).

Este cultivo de maíz cuenta con un grupo importante de líneas que pueden ser usadas en la formación de nuevos híbridos. Sin embargo, es necesario discriminar líneas en base a su buena Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE). El uso de probadores en la selección de líneas representa una estrategia metodológica alternativa en la generación de híbridos ya que permite de una manera eficiente dirigir cruzamientos y lograr mejores combinaciones híbridas. Fehr (1982) y Sierra et al. (1991).

De manera que es necesario evaluar y adoptar nuevos materiales donde el principal indicador sea rendimiento y adaptación. Por ello buscamos generar materiales que representen una buena alternativa para los productores de maíz en comparación con las variedades tradicionales que generalmente requieren de un mayor número de días para alcanzar la madurez fisiológica, y que en algunas ocasiones son dañadas por factores adversos.

En el presente proyecto se determinarán los mejores mestizos de maíz en base a su ACG durante dos etapas de siembra, primavera y verano.

1.1 Objetivos

Determinar los mejores mestizos con características agronómicas y estabilidad en rendimiento en primavera y verano.

Definir los mejores mestizos por su comportamiento agronómico y rendimiento.

1.2 Hipótesis

H0: La estabilidad de los mestizos es igual en primavera y verano.

HA: El rendimiento de los mestizos no es afectado por el ambiente

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Probador

Matzinger (1953), refiere que el mejor probador es aquel que se puede usar fácilmente y con el cual se obtiene la máxima información del material evaluado.

Chávez (1994) indica que un probador es cualquier material genético, (línea, variedad, híbrido, etc.) que permite medir la ACG de un grupo de líneas con el cual se cruza.

Rowings y Thompson (1962), en sus estudios sobre el efecto de las frecuencias génicas de un probador para ACG en maíz, concluyeron que un buen probador debería ser uno que clasifique correctamente el comportamiento relativo de las líneas y que discrimine eficientemente las líneas bajo prueba

(Segovia 1990), probador es aquel que sirve para evaluar e identificar a las líneas con características superiores y son también de vital importancia en un programa de mejoramiento ya que sin ellos no se tendrían las bases necesarias para identificar los mestizos sobresalientes o más productivos.

Mendoza *et al.* (2002) sugiere que el uso de probadores estará en función al tipo de actitud combinatoria (general o específica) que se pretende buscar al combinar los materiales y los objetivos que se plantean, de la importancia de sus efectos genéticos, para conocer su descendencia.

Por su parte Dhillon y Malhi (1996) mencionan que de acuerdo al nivel de endogamia que presenten los probadores estos pueden ser de base genética reducida o de amplia base genética, ellos hacen énfasis a que es mejor utilizar probadores de base genética reducida como las líneas autofecundadas y que debes utilizarse para el mejoramiento dentro de poblaciones (intrapoblacional).

Existen diversas opiniones sobre el tipo de probador ideal a utilizar en la prueba de progenies, pero las evidencias muestran que el mejor probador sería el que tenga baja frecuencia de alelos favorables, que facilite la discriminación entre

progenies, que reduzca las fases de evaluación y que además ayude a identificar híbridos sobresalientes (Vasal *et al.*, 1995).

Test-Cross: cuando el probador usado es un material de reducida base genética como línea o una cruce simple.

Top-Cross: cuando el probador usado es un material de amplia base genética como: poblaciones heterocigóticas, sintéticos, cruces dobles, etc. (Chávez y López 1990).

2.2 Mestizo

En la literatura se le atribuye a Davis (1927) ser quien sugirió el uso de mestizos para medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas endocriadas.

Progenie de la cruce entre líneas y una población probadora o probador (líneas, variedades, híbridos, etc.), (Márquez 1988).

Mestizo es una cruce entre líneas autofecundadas y un progenitor común como polinizador (variedad, híbrido simple o línea) se utiliza para determinar la habilidad combinatoria general y/o específicas de las líneas. Es decir, para detectar los genotipos fijados más sobresalientes en productividad, características agronómicas deseables, etc. (Allard 1980).

La formación y evaluación de mestizos es importante para seleccionar a los mejores utilizando probadores adecuados y con base en su aptitud combinatoria (Welcker *et al.*, 2005; Lorenz *et al.*, 2009) y este ha sido el método principal (Bernardo, 2001) para seleccionar líneas que transmiten características deseables.

2.3 Aptitud combinatoria

Márquez (1988) define a la aptitud combinatoria como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, capacidad que es medida por medio de su progenie. La aptitud combinatoria no debe de determinarse en un solo individuo de la población sino en varios, con la finalidad de poder realizar selección de aquéllos que exhiban mayor aptitud combinatoria.

Vasal y Córdova (1996), mencionaron que para obtener la aptitud combinatoria, el procedimiento común es el desarrollo de mestizos haciendo uso ya sea de una base amplia, una angosta o hasta de una línea como probadores.

Davis (1927) propuso por vez primera que la aptitud combinatoria de las líneas endogámicas de maíz podría estimarse mediante el comportamiento de sus cruzas con un probador común y que ésta prueba se podría efectuar en cualquier etapa de desarrollo de líneas.

Con relación al tipo de acción génica que determina la aptitud combinatoria de las líneas, se considera que la ACG determina la porción aditiva de los efectos genéticos, en tanto que la ACE, los efectos no aditivos, esto es, la acción génica de dominancia y epistasis (Poehlman y Allen, 2003).

Para poder obtener valores reales de la aptitud combinatoria, no se debe de evaluar a un solo individuo de la población sino a varios con la finalidad de poder hacer una buena selección de aquellos individuos que muestren una mayor aptitud combinatoria (Gutiérrez *et al.*, 2002).

2.4 Aptitud combinatoria general

La ACG es el efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, medido como desviación de la media general, o sea, es lo que una línea hereda a sus progenies en promedio de muchas cruzas (Chávez, 1995)

La ACG determina el desempeño promedio de una línea en sus combinaciones híbridas, mientras que, la ACE separa las combinaciones híbridas específicas que resulten mejor o peor de lo que se esperaría en relación con la media de la ACG de las dos líneas progenitoras (Sprague y Tatum, 1942).

Griffing (1956) estableció cuatro métodos de diseños dialélicos para estimar la aptitud combinatoria general y específica de líneas, los cuales son adecuados cuando el número de progenitores es reducido, pero cuando este número se incrementa el procedimiento es más difícil.

Jungenheirmer (1985) nos menciona que la aptitud combinatoria general (ACG) es el desempeño promedio de una línea en algunas combinaciones híbridas. La actitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas.

2.5 Carácter braquítico

El maíz braquítico es un material de porte enano, que produce gran cantidad de área foliar total por planta; alto número de hojas y muy anchas. (Camacho *et. al.*, 1995).

El carácter braquítico en el maíz está controlado por un gen recesivo Br_2 , lo que ocasiona el acortamiento de los entrenudos del tallo inferior, sin una reducción en el tamaño de las otras partes principales de la planta (Anderson y Chow 1963).

Las líneas Br_2 , exhiben una inusual fuerza de tallo y tolerancia al viento, mientras que las hojas dan a menudo más oscuras y persisten más en el verde activo.

Las plantas con gen br_2 desarrollan menos entrenudos debajo de la mazorca y cortos entrenudos a lo largo de la planta (Scott 1969)

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

Ambos trabajos de investigación se desarrollaron en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila la cual se localiza geográficamente en las coordenadas 25°33'25.71" n de latitud y 103°22'16.26" o de longitud, con 1120 msnm y un clima muy seco semicálido (89%) y seco templado (11%), con un rango de temperatura de 14 - 22°C y precipitaciones de 100 - 400 mm (INEGI 2009).

3.2 Material genético

Se utilizaron como hembras 12 líneas enanas tipo braquítico (br2) que se caracterizan por la reducida longitud de entrenudos, hojas erectas y con doble mazorca y, como macho, un probador de amplia base genética o criollo identificado como Chojo proveniente de San Juan de Guadalupe, Durango.

Cuadro 3.1 Número y genealogía de las líneas que fueron cruzadas con el probador Chojo en ambos ciclos, UAAAN-UL.

No.	Líneas
T01	EN-02-16-1-1-1-1
T03	EN-02-07-1-2-2-1
T04	EN-03-13-1-1-2
T05	EN-03-03-2-1-1-1
T06	EN-03-09-2-2-1-1
T07	EN-04-02-1-2-1-1
T09	EN-05-10-1-1-2-1
T10	EN-05-12-1-1-2-1
T11	EN-05-08-2-21-1
T14	EN-06-16-1-2-2-1
T16	EN-07-12-2-2-1-1
T21	EN-08-12-1-2-2-1

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques al azar con 13 tratamientos y 3 repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron en dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho con separación entre plantas de 0.15 m con 28 plantas por tratamiento por repetición, para una densidad de 88, 888 plantas por hectárea.

3.4 Manejo agronómico

3.4.1 Preparación del terreno

Consistió en un barbecho, rastreo y surcado.

3.4.2 Siembra

La siembra de primavera se realizó el 14 de abril 2018, la siembra de verano el día 14 de junio del 2018, ambas de forma manual, colocando dos semillas por golpe, en condiciones de suelo seco.

3.4.3 Aclareo de plantas

El aclareo se realizó a los 20 días después de la siembra dejando una planta por golpe a una separación de 15 cm entre planta y planta.

3.4.4 Fertilización

La fórmula de fertilización en primavera fue de 200-100- 00 (N-P-K), con los fertilizantes Urea y Ácido Ortofosforico, en verano fue de 190-100-00 de N-P-K, ambas aplicado en cinco etapas diferentes del cultivo, inyectándose por medio del Venturi al sistema de riego hasta completar la dosis total para cada experimento.

3.4.5 Riegos

Para ambos ciclos se utilizó un sistema de riego presurizado por cintilla calibre 6000 con goteros cada 20 cm con una lámina de 59.74 mm para el primer ciclo, 63 mm para el segundo ciclo, ambos con un tiempo de riego de 4 horas con intervalos de 4 días.

3.4.6 Control de plagas

El control de las plagas se realizó conforme se manifestaron en el ciclo.

Cuadro 3.2 Plagas que se presentaron en el ciclo primavera.

Nombre de plaga	Insecticida	Dosis/ha
Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	Clorpirifos	0.75 -2 L/ha
	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125 mL/ha
	Kendo (Lambda Cyhalotrina)	0.2-0.3 L/ha
Gusano trozador (<i>Agrotis ipsilon</i>)	Clorpirifos	0.75 -2 L/ha
Pulga Saltona (<i>Chaetocnma ectypa</i>)	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125 mL/ha
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	Abamectina	0.5-1.2 L/ha
	Sunfire (Clorfenapir)	250 mL/ha

Cuadro 3.3 Plagas que se presentaron en el ciclo verano.

Nombre de plaga	Insecticida	Dosis/ha
Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	Clorpirifos	0.75 L/ha
	Mezcla de Metomilo (polvo) y Platino 375 CE	200g/ha y 400-600 ml/ha
Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) (<i>Aleyrodidae</i>) pulga saltona (<i>Epitrix cucumeris</i> (Harris))	Diazinon	200g/ha.
Diabrotica (<i>D. virgifera zea</i>) y chicharrita (<i>Dalbulus maidis</i>)	Metomilo (polvo)	200g/ha
Mosca de los estigmas (<i>Euxesta stigmatias</i>)	Mezcla de Imidacloprid y Clorpirifos	0.6 L/ha y 0.75 L/ha

3.4.7 Control de malezas

Se aplicó un herbicida pre-emergente (Primagram 370 atrazina + 290 g metolacoloro) con dosis mínima recomendada de 3.5 l ha. Posteriormente fue de forma manual.

3.4.8 Cosecha

La cosecha de primavera se realizó el 24 de agosto de 2018 a los 131 DDS y la cosecha de verano el 03 de noviembre de 2018 a los 142 DDS ambas de forma

manual cosechando todas las mazorcas de cada parcela y separando cada parcela para así realizar la toma de datos requeridos.

3.5 Características evaluadas

3.5.1 Floración masculina (FM)

Se tomó con el total de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas por parcela se encontraran tirando polen.

3.5.2 Floración femenina (FF)

Se determinó contabilizando los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas por parcela presentaran jilotes con estigmas aptos para ser fecundados.

3.5.3 Acame de raíz (ACR)

Se registró al final del ciclo antes de la cosecha tomando el número de plantas por parcela cuando el tallo cae más de 30° desde la vertical.

3.5.4 Altura de planta (AP)

Se realizó midiendo desde la base del tallo hasta el último entre nudo en 5 plantas representativas de la parcela

3.5.5 Altura de mazorca (AM)

Se midió la distancia en metros de 5 plantas representativas en la parcela, desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

3.5.6 Longitud de mazorca (LMZ)

Se midieron 5 mazorcas al azar de cada parcela, con una regla métrica de 30 cm tomando la distancia de la base al ápice de la mazorca.

3.5.7 Diámetro de mazorca (DMZ)

Se obtuvo midiendo el diámetro ecuatorial de 5 mazorcas seleccionadas al azar de cada parcela con un vernier de 6 pulgadas marca Truper.

3.5.8 Numero de hileras (NHI)

Se contaron el número de hileras de la parte media de 5 mazorcas tomadas al azar de cada parcela.

3.5.9 Numero de granos por hilera (NGH)

Para la obtención de este dato se contabilizó el número de granos que contenía una hilera en 5 mazorcas tomadas al azar por cada parcela.

3.5.10 Rendimiento de grano (RG)

De las mazorcas cosechadas de cada parcela fue tomado de forma aleatoria una muestra de 100 g de grano para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha con un determinador de humedad **Dickey y John**, calculando el % de humedad.

El peso seco se estimó multiplicando el por ciento de materia seca por el peso de campo. Finalmente, el rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad se obtuvo al multiplicar el peso de campo por el factor de conversión a ton ha⁻¹.

$$FC = \frac{10000 \text{ m}^2}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Donde:

FC = Factor de conversión a ton ha⁻¹; **APU** = Área de parcela útil (distancia entre surcos x longitud de surco x número de surcos).

0.845 = Constante para obtener el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad.

1 000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en ton ha⁻¹.

10 000 m² = Superficie de una hectárea.

Estimación de Aptitud Combinatoria.

Con la finalidad de determinar el comportamiento genético del probador y las cruzas, se realizó con las variables descritas, además del rendimiento, utilizando las fórmulas de Sprague y Tatum, (1942).

$$\text{Machos ACG} = (X1 - X2)$$

Donde:

X1 = Media del rendimiento del mestizo

X2 = Media general.

Prueba de t para ACG

$$DMS_{ACG} = t\alpha \sqrt{\frac{CME}{C * r}}$$

T α = Valor de tabla al 0.05

CME= Cuadro Medio del Error

C= Ciclo

r= Repetición

RESULTADOS Y DISCUSION

4. 1 Análisis de varianza

El análisis de varianza (Cuadro 4.1) de 10 variables en 12 mestizos evaluadas en los ciclos, primavera y verano del 2018. El efecto de los ciclos (primavera-verano), no fue significativo para las variables, FM, FF, ACR, NHI y NGH, en contraste con AP, AM, LMZ, DMZ y RG, las cuales fueron altamente significativas. Lo anterior puede explicarse en función que en la comarca lagunera, ambos ciclos difieren principalmente en la magnitud de las temperaturas, (Núñez 1999).

Los mestizos (Trat), fueron diferentes ($P \leq 0.01$) para las diez variables cuantificadas lo cual implica que los mestizos difieren en las características agromorfológicas que se evaluaron, lo cual permitirá realizar la selección de los más sobresalientes.

La interacción CxT fue significativa ($P \leq 0.01$) para las variables FM y RG, el resto, no fue significativo. Como era de esperarse el efecto ciclo interactuó con RG lo cual sugiere que los mejores mestizos de primavera no se comportan igual en verano.

Los coeficientes de variación (CV) son aceptables pues son menores al 20% con excepción de ACR. La magnitud del CV de esta variable se explica por ser de naturaleza cualitativa o de clase y no se distribuyen de manera normal.

En el Cuadro 4.2, se muestran las medias para cada variable en ambos ciclos, donde las variables, FM, FF, ACR, NHI, NGH, no muestran diferencia significativa, en tanto que para las variables, AP, AM, LMZ, DMZ, RG, son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Los mestizos fueron en el ciclo primavera más altos, mayor longitud y diámetro de mazorca y de mayor rendimiento que en verano, el resto de las características fue significativamente igual en ambos ciclos.

Cuadro 4.1 Significancia de cuadrados medios de 10 variables en 12 mestizos evaluados en primavera y verano del 2018. UAAAN UL.

F.V.	Ciclo (C)	REP(C)	Trat (T)	CT	Error	CV (%)	MEDIA
GL	1	4	12	12	48		
FM	5.13 ns	2.17 ns	21.08**	6.32**	1.56	2.18	57.33
FF	11.54 ns	2.60 ns	19.77**	4.79 ns	3.09	2.95	59.59
ACR	86.21 ns	39.86 ns	89.26**	23.48 ns	31.94	81.34	6.95
AP	2.35**	0.02 ns	0.06**	0.01 ns	0.02	7.07	1.93
AM	0.30**	0.01 ns	0.05**	0.01 ns	0.01	10.85	1.13
LMZ	18.41**	1.06 ns	3.71**	0.57 ns	0.65	5.57	14.48
DMZ	0.55**	0.06 ns	0.16**	0.04 ns	0.04	4.67	4.40
NHI	2.43 ns	0.07 ns	4.62**	0.8 ns	0.82	6.54	13.83
NGH	2.03 ns	8.89 ns	29.80**	7.68 ns	8.11	7.64	37.29
RG	310.32**	0.78 ns	6.45**	3.21**	1.04	13.41	7.60

FF: Fuente de Variación, GL: Grados de Libertad, ** Significativo al 0.01 de probabilidad. FM: Floración Masculina, FF: Floración Femenina, ACR: Acame de Raíz, AP: Altura de Planta, AM: Altura a la base de la Mazorca, LMZ: Longitud de Mazorca, DMZ: Diámetro de la Mazorca, NHI: Numero de Hileras, NGH: Numero de Granos por Hilera, RG: Rendimiento de Grano.

Cuadro 4.2 Valores medios de cada variable para los ciclos primavera y verano, UAAAN-UL, 2018.

Variable	CICLO	
	Primavera	Verano
FM	57.08 a*	57.59 a
FF	59.21 a	59.97 a
ACR	5.90 a	8.00 a
AP	2.11 a	1.76 b
AM	1.19 a	1.07 b
LMZ	14.96 a	13.99 b
DMZ	4.49 a	4.32 b
NHI	14.01 a	13.65 a
NGH	37.45 a	37.13 a

RG

9.60 a

5.61 b

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

4.2 Valores medios

En el Cuadro 4.3, se presentan los valores medios de los 12 mestizos en los dos ciclos, donde el EN-05-10, presentó el mayor rendimiento de grano con 8.9 t ha⁻¹ estadísticamente igual a nueve genotipos y superior a el testigo Chojo, el cual registro un rendimiento de 5.28 t ha⁻¹. Agronómicamente el mejor mestizo (EN-05-10), presenta un periodo de floración que oscila entre los 58 y 60 días después de la siembra, estadísticamente igual a nueve mestizos, y más tardíos que el testigo (probador) el cual fue de ciclo precoz con 53 y 54 días después de la siembra.

Respecto al acame de raíz (ACR) el promedio oscilo cercano a 7% donde el máximo valor lo presentaron EN-02-7 y EN-07-12 con valores de 17.17 y 10.67%, el mejor mestizo en rendimiento presentó un valor de 6.17%, porcentaje que está por debajo de la media general.

La altura promedio de los mestizos y del testigo fue de 1.93 a 1.13 m para planta y mazorca respectivamente, el mestizo EN-02-16 presentó la mayor altura de planta (AP) estadísticamente igual a once genotipos incluyendo al testigo y diferente al resto.

En altura de mazorca, el mestizo EN-06-16 mostro mayor altura con 1.32 m estadísticamente igual a diez más y diferente al resto incluyendo al testigo. La magnitud de la altura tanto de planta como de mazorca estuvieron influenciados por el gen Br2 y el bajo porte del probador el cual presentó la menor altura en ambas características.

En cuanto a longitud de mazorca, el testigo Chojo registró la menor longitud con 13.73 cm por debajo de la media general (14.48). El mestizo En-05-8 presenta la mayor longitud con 15.64 cm, seguido de ocho mestizos que fueron superiores a la media y que corresponden a los mestizos de mayor rendimiento de grano.

En cuanto a diámetro de mazorca (DMZ), se observa que nueve de los mestizos presentan valores estadísticamente iguales donde el genotipo EN-03-3 con 4.77 cm presentan mayor valor de DMZ. Estos nueve genotipos también corresponden a los de mayor rendimiento de grano. El probador (Chojo) con 4.09 cm fue estadísticamente el de menor valor de todos los tratamientos, inclusive de la media general.

En número de hileras (NHI), el tratamiento EN-04-2 exhibió un mayor NHI con 15.73, estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) a seis mestizos más, y superior al probador. De los siete mestizos con mayor NHI, cinco se encuentran entre los de mayor rendimiento de grano lo equivalente al 38% de los tratamientos. El probador Chojo mostró menos NHI que el resto de los mestizos, inclusive por debajo de la media.

En base a número de granos por hilera (NGH), el mestizo EN-05-8 presentó un valor de 41.30 estadísticamente igual a diez tratamientos, de los cuales nueve se ordenan entre los mejores en RG. El mejor genotipo en RG con 8.90 ton ha⁻¹ fue el segundo con mayor NGH con 39.90 por encima de la media y del probador con un valor de 33.54, que es el más bajo estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4.3 Valores medios de 12 mestizos en 10 variables evaluados en el ciclo primavera y verano del 2018. UAAAN UL.

TRAT	FM	FF	ACR	AP	AM	LMZ	DMZ	NHI	NGH	RG
EN-05-10	58.50	60.83	6.17	1.83	1.15	14.92	4.40	14.47	39.90	8.90
EN-08-12	58.00	59.50	7.67	1.91	1.08	15.40	4.51	14.00	39.37	8.76
EN-06-16	59.33	61.67	2.50	1.94	1.32	14.58	4.39	12.80	38.90	8.67
EN-02-16	58.00	60.83	7.17	2.08	1.24	15.01	4.54	14.07	38.23	8.48
EN-03-9	57.17	59.67	5.17	1.89	1.10	12.96	4.44	13.53	34.10	7.94
EN-05-8	58.33	60.67	7.00	2.05	1.19	15.64	4.24	13.00	41.30	7.88
EN-07-12	56.17	58.50	10.67	1.97	1.10	14.21	4.43	14.47	36.00	7.80
EN-02-7	58.00	60.00	17.17	2.07	1.17	14.85	4.44	14.27	37.03	7.42
EN-03-3	57.50	60.00	7.67	2.00	1.14	14.63	4.77	12.93	37.00	7.41
EN-03-13	57.83	60.00	7.67	1.89	1.10	14.93	4.43	13.40	36.03	7.03
EN-04-2	54.17	57.33	4.83	1.79	1.02	13.45	4.24	15.73	37.20	6.68
EN-05-12	59.33	60.83	4.83	1.86	1.12	13.87	4.34	14.43	36.17	6.58
Chojo	53.00	54.83	1.83	1.84	0.94	13.73	4.09	12.67	33.54	5.28

Tukey (0.05)	2.51	3.54	11.37	0.28	0.25	1.62	0.41	1.82	5.73	2.05
\bar{X}	57.33	59.59	6.95	1.93	1.13	14.48	4.40	13.83	37.29	7.60

4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG)

En el Cuadro 4.4 se muestran los efectos de la aptitud combinatoria general de los genotipos, los mestizos EN-05-10, EN-08-12, EN-06-16 y EN-02-16 mostraron el valor significativo positivo más alto para RG, 1.30, 1.16, 1.07 y 0.88 respectivamente, por lo cual se deduce que estas líneas contribuyen en la buena expresión de RG. El mestizo EN-05-10, con mayor valor de ACG para RG, está influenciado probablemente por el mayor NGH, aunque la magnitud de ACG para FM condiciona a sus cruzas mayor días a floración.

El mestizo EN-08-12 con un valor de ACG de 1.16, es probable que el RG se deba a la LMZ, el cual muestra un ACG de 0.92 positivo y significativo, en contraste a EN-06-16 y EN-02-16 con valores significativos para RG, no muestran relación con las variables RG.

Cuadro 4.4 Aptitud Combinatoria General (ACG) en 12 mestizos cruzados con el probador Chojo, en 10 variables evaluados en primavera y verano del 2018. UAAAN UL.

TRAT	FM	FF	ACR	AP	AM	LMZ	DMZ	NHI	NGH	RG
Chojo	-4.33 *	-4.76	-5.12	-0.09	-0.18	-0.74	-0.32	-1.16	-3.75	-2.33
EN-02-16	0.67	1.24	0.22	0.15	0.11	0.53	0.14	0.24	0.94	0.88
EN-02-7	0.67	0.41	10.22	0.14	0.04	0.38	0.04	0.44	-0.26	-0.18
EN-03-13	0.50	0.41	0.72	-0.04	-0.03	0.46	0.03	-0.43	-1.26	-0.57
EN-03-3	0.17	0.41	0.72	0.07	0.01	0.15	0.37	-0.90	-0.29	-0.19
EN-03-9	-0.17	0.08	-1.78	-0.04	-0.02	-1.52	0.03	-0.30	-3.19	0.34
EN-04-2	-3.17	-2.26	-2.12	-0.14	-0.11	-1.03	-0.16	1.90	-0.09	-0.93
EN-05-10	1.17	1.24	-0.78	-0.11	0.02	0.44	-0.01	0.64	2.61	1.30
EN-05-12	2.00	1.24	-2.12	-0.08	-0.01	-0.60	-0.07	0.60	-1.12	-1.03
EN-05-8	1.00	1.08	0.05	0.12	0.06	1.17	-0.17	-0.83	4.01	0.28
EN-06-16	2.00	2.08	-4.45	0.01	0.19	0.10	-0.02	-1.03	1.61	1.07
EN-07-12	-1.17	-1.09	3.72	0.04	-0.03	-0.27	0.03	0.64	-1.29	0.20
EN-08-12	0.67	-0.09	0.72	-0.02	-0.04	0.92	0.10	0.17	2.08	1.16
DMS (0.05)	1.03	1.45	4.66	0.11	0.10	0.67	0.17	0.75	2.35	0.84

*Valores significativamente diferentes de cero.

CONCLUSIONES

- ❖ En el análisis de varianza fue significativo para ambos ciclos en las variables AP, AM, LMZ, DMZ y RG.
La interacción Ciclo x tratamiento fue significativo para FM y RG;
Los tratamientos fueron significativamente diferentes para todas las variables.
- ❖ El mestizo EN-05-10 presentó el mayor rendimiento de grano con 8.9 t ha^{-1} , en ambos ciclos y el mas estable.
- ❖ Dentro de los valores de aptitud combinatoria general, los mestizos EN-05-10, EN-08-12, EN-06-16 y EN-02-16 mostraron el valor significativo positivo más alto para RG, 1.30, 1.16, 1.07 y 0.88 respectivamente.
- ❖ En valores coeficientes de correlación las variables que correlacionaron con rendimiento de grano significativamente fueron FM, FF, AM y NGH.

LITERATURA CITADA

- Allard, R. W. (1980) Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.
- Anderson, J. C., & Chow, P. N. (1963). Phenotypes and Grain Yield Associated with Brachytic-2 Gene in Single-Cross Hybrids of Dent Corn 1. *Crop Science*, 3(2), 111-113.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios) Maíz grano cultivo representativo de México 2018, <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>
- BAUMAN, L.F. 1977. Improvement of established maize inbreds. *Maydica* XXII: 213-222.
- Bernardo, R. 2001. Breeding potential of intra-and inter heterotic group crosses in maize. *Crop Sci.* 41(1):68-71.
- Camacho, R.G., O. Garrido, y M. G. Lima. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Scientia Agrícola*. 52 (2): 294-298).
- Chávez, A. J. L, López P. (1990) Apuntes de mejoramiento de plantas II. UAAAN, Buena Vista, Saltillo, Coahuila. México. P. 91-104.
- Chávez, A. J. López P. (1994) Mejoramiento de plantas 2, Métodos específicos de plantas alógamas. Editorial trillas, S. A. de C. V. 50, P 51.
- Chávez, A. J. L. y E. López. (1995) Mejoramiento de plantas II. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P 92.
- Davis R. L. (1927) "Reporto of the plant breeder" Puerto Rico Agro. Exp. Sta Ann. Rpt. 14-15 p.

- Dhillon, B.S. & Malhi, NS. 1996. Recent advances in recurrent selection for population improvement (in press).
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (2018), Panorama Agroalimentario, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, maíz 2018.
- GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Gutiérrez, R.E., A. Palomo, G., A. Espinoza B., E. De La Cruz, L. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la comarca lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(003): 271-277.
- Jugenheimer R. W. (1985). *Corn improvement, seed production and uses*. Malabar, FI, USA, Robert E. Krieger Publishing.
- Márquez Sánchez, F. (1988). *Genotecnia vegetal: métodos teoría resultados* (No.04; SB123, M3).
- Matzinger D. F. (1953) Comparison of the types of testers for evaluation of inbred lines of corn. *Agro. J.* 45:493-495.
- Mendoza, M. E., A. Oyervides, G., S.A. Rodríguez, H. 2002. Efecto de dos probadores en la selección de líneas de Maíz tropical. *Rev. Fitotec. Mex.* 23(001): 79-86.
- Poehlman, J. M. y Allen, D. 2003. *Mejoramiento genético de las cosechas*. Guzmán, O. M.; Hernández, C. M. A. y Serrano, C. L. M. (Trad.). Editorial Limusa. México.
- Rowings J.O. y D.L. Thompson 1962. Performance level as criterion for the choice of maize testers. *Crop sci.* 2: 217-220.
- SAS, 2010. *Statistical Analysis System*. SAS
- Scott, G.E, and C.E. Campbell. 1969. Internode length in normal and brachytic-2 maize inbreds and single crosses. *Crop Science.* 9:293-295.

- Segovia A. M, (1990). Selección de líneas de Maíz So derivadas de la población, 76, mediante uso de probadores y ambientes. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buena Vista, Saltillo Coahuila, México.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2007) Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996 - 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 208 p.
- Sierra, M. M., Preciado, O. R. E., Alcázar, A. J. J., & Rodríguez, M. F. A. (1991). Selección de líneas maíz por su rendimiento y adaptación con base en un patrón heterótico conocido. XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, Panamá, 109-116.
- Sprague, G. F. and Tatum, L. A. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923-932.
- Vasal S., K., y H. Córdoba O. 1996. Heterosis en maíz acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Memorias del Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento Agricultura Sustentable. Buena Vista, Saltillo, Coahuila. P 32-54.
- Vasal, S. K., Mc Lean, S., San Vicente, F., & Ramanujan, S. K. (1995). Heterotic patterns and the choice testers. Overview. CIMMYT Maize Program Internally Managed External Review of Breeding Strategies and Methodologies, 92-113.
- Welcker, C.; Thé, C.; Andreau, B.; de Leon, C.; Parentoni, S. N.; Bernal, J.; Felicite, J.; Zonkeng, C.; Salazar, F.; Narro, L.; Charcosset, A. and Horst, W. J. 2005. Heterosis and combining ability for maize adaptation to tropical acid soils: implications for future breeding strategies. Crop Sci.45 (6):2405-2413.