

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Selección de probadores con base a su ACG en líneas de maíz (*Zea mays L.*)
y estimación de parámetros genéticos.**

POR

MOISES MAURICIO LÓPEZ VÁZQUEZ.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA

MÉXICO DICIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA.

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS.

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO.

**Selección de probadores con base a su ACG en líneas de maíz (*Zea mays L.*)
y estimación de parámetros genéticos.**

POR:

MOISES MAURICIO LÓPEZ VÁZQUEZ.

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

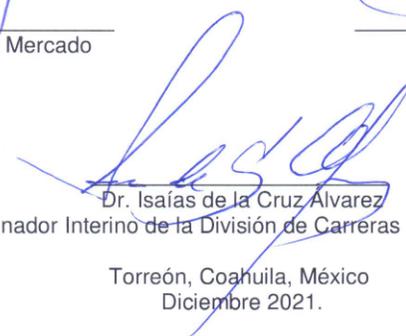
APROBADA POR:


Dr. Armando Espinoza Banda
Presidente


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Vocal


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal


Dr. Alfredo Ogaz
Vocal suplente


Dr. Isaias de la Cruz Alvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2021.

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA.

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Selección de probadores con base a su ACG en líneas de maíz (*Zea mays L.*)
y estimación de parámetros genéticos.**

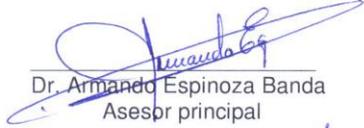
POR:

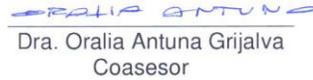
MOISES MAURICIO LÓPEZ VÁZQUEZ.

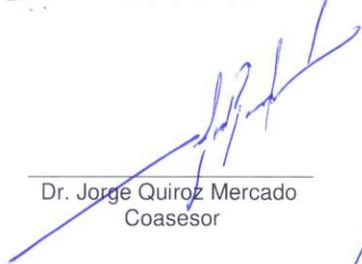
TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

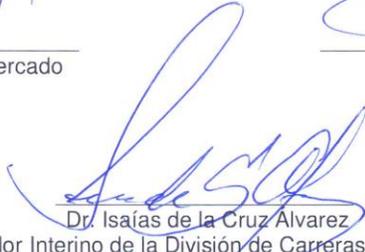
APROBADA POR:


Dr. Armando Espinoza Banda
Asesor principal


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Coasesor


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Coasesor


Dr. Alfredo Ogaz
Coasesor


Dr. Isaías de la Cruz Alvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2021.

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por haberme brindado salud a mí y a toda mi familia en toda la etapa de mi carrera y ayudarme a superar día a día los retos de la vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales brindándome las herramientas necesarias para salir adelante.

Al Dr. Armando Espinoza Banda.

Por darme la oportunidad de realizar mi tesis, por compartir parte de su conocimiento y experiencias vividas y sus buenos consejos para motivarme a seguir adelante y por su paciencia que tuvo conmigo para terminar de escribir mi tesis.

A mis asesores:

A la Dra. Oralia Antuna Grijalva por sus buenos consejos y observaciones, así como también por el apoyo brindado en el tiempo cuando se realizaron trabajos en campo para sacar los datos para la tesis.

A mis amigos:

A José Armando Martínez, por brindarme su apoyo durante la carrera, por sus consejos que me motivaron a seguir a delante y su apoyo durante la realización de la tesis, y Huber Álvarez Avilés por su comprensión y amistad brindada durante toda la carrera, así como también por sus buenos consejos para lograr mi objetivo y superarme día a día, y a Gustavo Hernández Gutiérrez.

DEDICATORIAS

A mi padre:

José Heriberto López Mariscal, por haberme hecho un hombre de bien, por todo el apoyo brindado en las buenas y en las malas, pero todo le agradezco por sus consejos que fueron la pieza clave para terminar mis estudios profesionales. Gracias papa por todo tu apoyo.

A mi madre:

Consuelo Vázquez Gutiérrez, por haberme dado la vida, por su apoyo incondicional, por el cariño brindado siempre y sobre todo por la comprensión que me tuvo en los momentos desagradables de mi vida. Te agradezco por todo lo que asistes para que pudiera terminar mi estudio profesional. Gracias mama por confiar en mí y ayudarme a salir adelante.

A mis hermanos:

Armando, Ángel, Julio, Heriberto, Elodia y Juana, gracias por brindarme su apoyo incondicional, sus buenos consejos que me motivaron a salir adelante y que gracias a ustedes termine otra etapa en mi vida. Gracias por todo hermanos.

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue seleccionar el mejor probador con base al valor de la aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas, la aportación a la varianza y conocer el tipo de acción genética involucrado en el estudio. Se evaluaron 22 mestizos resultantes del cruzamiento de dos probadores con 11 líneas (S₇) tipo braquitico (br₂). Se utilizaron como probadores la variedad criolla Chojo y una línea proveniente del CIMMYT TL-244. El ensayo se estableció en el campo experimental UAAAN-UL, la simbra se realizó el 10 de abril del 2021. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las variables medidas fueron: días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), longitud (LMZ), diámetro (DMZ), número de hileras (NHI) y granos por hilera (NGH), y rendimiento de grano (RG). Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el análisis individual para los mestizos de TL en las variables de FM, FF y RG y, el resto de variables no presentaron diferencias estadísticas. En el análisis combinado, los mestizos fueron significativos para todas las variables evaluadas. El probador Chojo mostro alta ACG, por lo que se podrían sugerir ser empleado en programas de genético. Los efectos no aditivos fueron los de mayor importancia con relación a los valores promedio de dominancia superiores a la unidad.

Palabras claves: *Zea mays*, Mestizo, Probadores, Carácter braquitico, ACG, Parámetros genéticos

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Programa de mejoramiento genético.	3
2.2. Aptitud combinatoria	4
2.2.1 Aptitud combinatoria general y específica.....	5
2.3. Probador.....	6
2.4. Caracterización de líneas	6
2.5. Carácter braquítico	7
2.6 Parámetros genéticos.....	8
III. MATERIALES Y METODOS	9
3.1. Localización.....	9
3.2. Clima	9
3.3. Temperatura	9
3.4. Precipitación.....	9
3.5. Material genético.....	10
3.6. Preparación de terreno	10
3.7. Etapas del proyecto:.....	10
3.7.1. Etapa de formación de cruzas.	10
3.7.2. Etapa de evaluación de cruzas.....	11
3.7.2.1. Diseño Experimental	11
3.7.2.2. Siembra.....	11
3.7.2.3. Manejo de cultivo.....	11
3.7.2.4. Control de malezas.....	11

3.7.2.5. Aporque.....	12
3.7.2.6. Fertilización.....	12
3.7.2.7. Riego.....	12
3.7.2.8. Control de plagas en mestizos de maíz. UAAAN-UL 2021.	12
3.7.2.9 Cosecha.....	13
3.8. Variables evaluadas.....	13
3.8.1. Floración Masculina (FM).....	13
3.8.2. Floración Femenina (FF)	13
3.8.3. Altura de planta (AP)	13
3.8.4. Altura de la mazorca (AM).....	14
3.8.5. Longitud de mazorca (LMZ)	14
3.8.6. Diámetro de la mazorca (DMZ).....	14
3.8.7. Número de Hileras de la mazorca (NHI)	14
3.8.8. Número Granos por hilera de la mazorca (NGH).....	14
3.8.9. Rendimiento de Grano (RG).....	15
3.8.10. Constante de la superficie Cosechada (CSC)	15
3.8.11. Humedad de Campo (HC).....	15
3.8.12. Factor de humedad (FH).....	15
3.8.13. Peso de Grano (PG)	16
3.9. Modelo Estadístico para análisis combinado línea x probador dentro de ciclo.....	16
3.10. Modelo Estadístico para análisis combinado línea x probador x ciclo.	17
3.11. Porcentaje de la contribución de los híbridos a la varianza total de la población.	17
3.12. Parámetros genéticos.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1. Análisis de varianza individual	19
4.2. Porcentaje de contribución de la varianza.....	21
4.3 Análisis de varianza combinado.....	23
4.4. Estimación de aptitud combinatoria general (ACG).	28
4.5. Estimación de parámetros genéticos.....	31
V. CONCLUSIONES	33
VI. BIBLIOGRAFÍA.	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de nueve variables de 11 mestizos formados con el probador tl-244 para el ciclo primavera y verano. uaaan-ul 2021.....	20
Cuadro 4.2. Significancia de cuadrados medios de nueve variables de 11 mestizos con el probador chojo para el ciclo primavera y verano. uaaan-ul 2021.....	21
Cuadro 4.3. Porcentaje de la contribución de la varianza para el probador tl-244.	22
Cuadro 4.4. Porcentaje de la contribución de la varianza para el probador chojo. uaaan-ul 2021.....	23
Cuadro 4.5. Cuadrados medios y significancia estadística de nueve variables morfológicas en el análisis combinado. uaaan-ul 2021.....	25
Cuadro 4.6. Prueba de valores medios de nueve variables en dos ciclos de siembra. uaaan-ul 2021.....	26
Cuadro 4.7. Valores medios los probadores. uaaan-ul 2021.....	27
Cuadro 4.8. Medias para la interacción probador x línea. uaaan-ul 2021.	28
Cuadro 4.9. Aptitud combinatoria general de las 11 líneas con el probador tl-244 para el ciclo primavera- verano. uaaan-ul.....	29
Cuadro 4.10 Aptitud combinatoria general de las 11 líneas con el probador chojo para el ciclo primavera- verano. uaaan-ul.....	30
Cuadro 4.11. Aptitud combinatoria general de las líneas del análisis combinado de los dos probadores para el ciclo primavera- verano. uaaan-ul 2021.....	31
Cuadro 4.12. Parámetros genéticos del análisis combinado de dos probadores y 11 líneas.	32

I.- INTRODUCCIÓN

El mejoramiento poblacional del maíz es fundamental y conduce al desarrollo de híbridos cada vez mejores. Las mejoras hechas en las poblaciones de maíz a través de diversos esquemas Interpoblaciones e intrapoblaciones se pueden explotar redituablemente al derivar nuevas líneas superiores. Conforme se mejora continuamente la base genética del material, hay oportunidades de extraer nuevas y mejores líneas en cada ciclo de mejoramiento. Por consiguiente, los programas de mejoramiento poblacional son necesarios si el desarrollo de híbridos ha de mantener ganancias consistentes a largo plazo. Esto no significa, sin embargo, que excelentes híbridos no se hayan desarrollado en el pasado (De los Ángeles, *et al*, 2020).

Uno de los objetivos en un programa de mejoramiento genético es la identificación de líneas superiores de alta aptitud combinatoria general para la formación de buenos híbridos o sintéticos. La evaluación de líneas mediante la prueba temprana permite identificar progenitores potenciales de alto rendimiento, descartando líneas de bajo potencial, ya que es costoso el llevarlas a todas hasta generaciones avanzadas de endogamia. Al respecto, para la formación de híbridos competitivos a nivel comercial, (Mendes *et al*, 2008) señalan la necesidad de identificar líneas progenitoras sobresalientes en etapas tempranas. Esto es en base a sus efectos de aptitud combinatoria general y específica, su comportamiento per-se, adaptación y producción de semilla (Bekavac *et al*, 2008).

Existen otras pruebas, como la evaluación tardía, que consiste en seleccionar por caracteres agronómicos deseables durante la tercera o cuarta generación de

autofecundación; posteriormente, las líneas seleccionadas son cruzadas con un probador para evaluar su capacidad de combinación. Esta prueba es un método efectivo de selección. Sin embargo, implica gastos importantes de recursos económicos debido a que durante varios años de trabajo muchas líneas avanzadas son descartadas (González *et al.*, 1990).

La evaluación y selección de líneas es la etapa más importante en el programa de mejoramiento de plantas, implementando métodos simples e indirectos que permiten detectar los genotipos más sobresalientes; de esta forma se origina los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) propuesto por Sprague y Tatum (1942). A partir de ello se hace uso de probadores de amplia base genética (Top- Croos) y estrecha base genética (Test-Croos). Un buen probador debe discriminar y clasificar correctamente los genotipos evaluados (Mendoza, *et al*, 2000).

1.1. Objetivo.

Seleccionar el mejor probador con base al valor de la aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas y por su contribución a la varianza.

Conocer el tipo de acción genética involucrado en el estudio.

1.2. Hipótesis.

H₀: Al menos uno de los probadores será útil para discriminar el valor genético de las líneas por su ACG, su mayor contribución a la varianza y por el tipo de acción génica.

H_a: Ninguno de los probadores será útil para discriminar el valor genético de las líneas por su ACG, su contribución a la varianza y por el tipo de acción génica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Programa de mejoramiento genético.

El objetivo principal de los programas de mejoramiento genético es incrementar el rendimiento de grano; existen otros criterios de selección para caracteres en genotipos de maíz que pueden ser de utilidad al fitomejorador, tales como: i) mayor permanencia verde de hojas; ii) tamaño reducido de espiga; y iii) hojas erectas (Rebollosa, *et al*, 2016).

En los programas destinados a obtener híbridos de maíz, el conocimiento de las relaciones genéticas entre las líneas es de gran utilidad para la planificación de los cruzamientos que darán origen a los híbridos (Betrán *et al.*, 2003; Nestares *et al.*, 1999), para el desarrollo de nuevas líneas y para la asignación de líneas a grupos heteróticos (Pinto *et al.*, 2003).

La heterosis es un fenómeno biológico que se expresa como el incremento de productividad en la F1 comparado con sus parentales (Alvarez, *et al*, 1993).

Los patrones heteróticos son de gran importancia para los mejoradores, éstos no han sido establecidos de manera sistemática, ni han sido desarrollados en forma evolutiva; sin embargo, los patrones heteróticos ocurren debido a la selección tanto natural como dirigida, que ha sucedido en el desarrollo de criollos y de variedades de polinización libre. Los patrones heteróticos fueron establecidos al relacionar la heterosis observada en cruzas con el origen de sus progenitores incluidos en las cruzas (Terron, *et al*, 2016).

El aspecto práctico para el mejoramiento genético del maíz (*Zea mays* L.) por hibridación está basado en el desarrollo de líneas endogámicas y la evaluación de su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para obtener híbridos comerciales de alto rendimiento (Lobato *et al*, 2009)

Por éstas y otras razones los fitomejoradores tienen un gran interés en la caracterización de la diversidad genética entre y dentro de los grupos heteróticos existentes, así como también las relaciones entre las líneas actuales e históricamente importantes (Malacarne *et al*, 2003).

Las poblaciones base de selección pueden formarse a partir del cruzamiento entre líneas endogámicas contrastantes, del cruzamiento entre variedades mejoradas, por el entrecruzamiento de un grupo de líneas o poblaciones (pool genético), o pueden ser poblaciones nativas de maíz (poblaciones panmícticas). Las combinaciones germoplásmicas derivadas de poblaciones nativas x variedades mejoradas también pueden ser germoplasma base para programas de mejoramiento genético en maíz (Dzib *et al.*, 2011).

La prueba tardía, la cual consiste en seleccionar para caracteres agronómicos durante las primeras tres o cuatro generaciones de autofecundación y posteriormente las líneas seleccionadas son cruzadas con un probador para evaluar su capacidad de combinación (Ramírez *et al*, 2016).

2.2. Aptitud combinatoria

La aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población, de combinarse con otros, medida por medio de su progenie (Márquez

1988). Sin embargo, la aptitud combinatoria debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios; a fin de poder seleccionar los que exhiban la más alta aptitud combinatoria, (De La Cruz *et al*, 2005).

2.2.1 Aptitud combinatoria general y específica.

La aptitud combinatoria general en las líneas es importante porque es informativa de la capacidad de la línea en combinación con otros progenitores y está relacionada con su valor aditivo (Sprague y Tatum, 1942).

Hoegenmeyer & Hallauer (1976) señalaron que la aptitud combinatoria específica (ACE) es más importante que la aptitud combinatoria general (ACG) en un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos, ya que con la ACE se puede hacer mejor uso de los efectos no aditivos como la dominancia y la epistasis.

Además, la ACG explica la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la ACE revela la proporción de la varianza genotípica que puede deberse a las desviaciones de dominancia. Los efectos de ACE fueron más importantes que los de ACG cuando los materiales fueron sometidos a selección (Singh and Chaudary, 1979).

Al respecto Bauman (1981) informó, que, en los Estados Unidos de América, 0% de los mejoradores evaluaron en mestizos las líneas en S1, 18% en S2, 33% en S3, 27% en S4 y 22% de S5 en adelante, lo que demuestra la preferencia de los mejoradores a realizar la prueba tardía.

Mediante el método de líneas probador, se puede eliminar aproximadamente el 50% de las líneas endogámicas (Singh y Chaudhary, 1979) esto facilita la elección de materiales.

2.3. Probador.

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. (Sierra, *et al*, 2000).

De La Cruz, *et al*, (2008) define como “probador deseable” aquel que combina la simplicidad en su uso con la máxima información en el comportamiento de las líneas.

Existen diferentes definiciones acerca de los probadores. De La Cruz, *et al*, (2008) por define un “buen probador” al que clasifica correctamente el comportamiento de las líneas y discrimina eficientemente entre las líneas bajo prueba.

2.4. Caracterización de líneas

La caracterización de cultivares tiene una aplicación práctica importante en el mejoramiento vegetal, tanto para la identificación de genotipos comerciales como para la estimación de relaciones genéticas (Bonamico *et al.*, 2004).

La precisión en la evaluación de estos caracteres va a depender del grado de interacción con el ambiente y de los mecanismos genéticos que controlan la expresión de esos caracteres (Smith y Smith, 1989), los cuales no siempre pueden

ser interpretados de modo que pueda hacerse una valoración correcta de las diferencias genéticas (Galavic et al., 2006).

Galavic et al. (2006) puntualizan que las líneas progenitoras de los híbridos liberados comercialmente deben ser caracterizadas y descritas por el mejorador de plantas, Smith y Smith (1989), una descripción precisa permite que el agricultor y el comerciante adquieran una variedad específica o que el productor de semilla genere un producto que reúna un estándar aceptable de calidad y pureza.

2.5. Carácter braquítico

En el maíz existen tres tipos de mutantes braquíticas (br1, br2 y br3) que proporcionan una estatura baja y un fenotipo insensible a las giberelinas y a las auxinas (Cassani *et al.*, 2010).

La reducción en el tamaño de estas variedades es causada por la respuesta anormal a las giberelinas (AGs), que son reguladores endógenos esenciales del crecimiento de las plantas (Hooley, 1994), lo que sugiere que esta hormona es fundamental para el control de la estatura de las plantas. Sin embargo, el alargamiento de los órganos de las plantas es un fenómeno complejo mediado por muchas hormonas vegetales, incluyendo auxinas y brassinosteroides, tales como las giberelinas (Vogler y Kuhlemeier, 2003).

El carácter braquítico en el maíz está controlado por un gen recesivo br2, 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, 1960).

Las líneas br2, exhiben una inusual fuerza de tallo y tolerancia al viento, mientras que las hojas son a menudo más oscuras y persisten más en el verde activo (Anderson y Chow, 1960).

Scott y Campbell (1965) citan que las plantas br2 desarrollan menos entrenudos debajo de la mazorca y cortos entrenudos a lo largo de la planta que la normal. El maíz braquítico es un material de porte enano, que produce gran número de hojas y muy anchas (Camacho *et al.*, 1995).

2.6 Parámetros genéticos

La heredabilidad (h^2), es considerada como el parámetro fundamental para la selección, puesto que determina la cantidad de variación total encontrada en una característica que es atribuida al efecto directo de los genes (varianza aditiva); es decir, a la herencia (Ruales *et al.*, 2007).

El cociente σ^2_A / σ^2_F expresa el grado en que los fenotipos de los individuos están determinados por los efectos de los genes transmitidos por los progenitores a sus descendientes o bien la regresión de los valores fenotípicos de los descendientes sobre los valores reproductivos de sus progenitores. Representa también una medida de la importancia relativa de la variación heredable respecto a la variación fenotípica. En sentido amplio, la heredabilidad (H^2) es el cociente de la varianza genotípica y la fenotípica; en sentido estricto (h^2) es el cociente de la varianza aditiva y la fenotípica (Maldonado *et al.*, 2002)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

Campo experimental de la UAAAN-UL., ubicado geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a 1150 msnm (Guerrero *et al.*, 2012).

3.2. Clima

Muy seco, templado, con lluvia deficiente en todas las estaciones, con vegetación característica de desierto y con invierno benigno.

3.3. Temperatura

Se consideran dos períodos bien definidos: el primero comprende cinco meses, de noviembre a marzo, en los cuales la media oscila entre 13.5° y 19.5°. El segundo, de mayo a agosto, comprende los meses más calurosos, en donde la temperatura media oscila de 26.1° a 27.4°. El promedio de temperatura mínima, en el primer período, tiene su valor más bajo en el mes de enero (5.5°); y el segundo, en los meses de julio a agosto (21.4°).

3.4. Precipitación

Las cuatro estaciones del año se caracterizan por su extrema sequedad. Durante el invierno y la primavera la precipitación media apenas alcanza en total **43.8 mm**, de los cuales corresponden 21.5 al invierno y 22.3 a la primavera. Durante el verano y el otoño, la precipitación es más abundante alcanzando un promedio de 197.2 mm, de los cuales corresponden 110 al verano y 87.2 al otoño.

3.5. Material genético

En el presente estudio se utilizaron 11 líneas de maíz tipo braquítico y dos probadores. Uno de estrecha base genética TL-244 (S₂) seleccionada de una población proveniente de Tlaltizapán Morelos y el otro de amplia base genética o polinización libre que se identifica como “Chojo”, proveniente de San Juan de Guadalupe, Durango.

3.6. Preparación de terreno

La preparación del suelo se realizó una semana antes de la siembra de forma mecanizada, y se utilizó el método de labranza convencional para maíz.

3.7. Etapas del proyecto:

3.7.1. Etapa de formación de cruzas.

En el ciclo primavera-verano del 2020 se sembraron 11 líneas de maíz y dos probadores con el objeto de realizar las cruzas respectivas. Se sembraron dos surcos de tres metros de largo y 0.75 m entre surcos por cada línea, con distancia de 0.25 m entre planta. Los probadores se sembraron cuatro surcos a tiempo, cuatro a 7 días de la primera siembra y dos a 14 días después de la siembra de las líneas. Al momento de la emergencia de los jilotes se cubrieron antes de la emergencia de los estigmas. Las líneas como hembra se polinizaron con los machos probadores, de tres a cuatro plantas y se autofecundó la primera planta de cada línea. De las 11 líneas cruzadas con los dos probadores se obtuvo 22 cruzas totales. Se cosecharon el 12 de agosto del 2020.

3.7.2. Etapa de evaluación de cruzas.

Para el Ciclo primavera-verano del 2021, se realizó la evaluación de las 22 cruzas, procedente de las 11 líneas braquíticas con los dos probadores se incluyeron ambos probadores.

3.7.2.1. Diseño Experimental

Los mestizos y los dos probadores se evaluaron con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, donde la parcela experimental fue dos surcos de 3m de largo y 0.75m entre surco.

3.7.2.2. Siembra

Se realizó en seco el 10 de abril, depositándose dos semillas por golpe a una distancia de 0.15 m entre planta, para una densidad de 88,888 plantas ha⁻¹.

3.7.2.3. Manejo de cultivo.

A los 20 días de después de la siembra cada parcela se aclaró, dejando 21 plantas por surco.

3.7.2.4. Control de malezas.

Para el control de maleza se aplicó un herbicida pre-emergente HARNESS (Acetoclor: 2-cloro-N-etiximetil etilacet-o-toluidida al 75.3%), la dosis recomendada por la etiqueta del producto de 2.0-3.0 L ha⁻¹ a los 5 días posterior a la siembra.

3.7.2.5. Aporque.

Se realizaron dos aporques, el primero un mes después de la siembra con paso de maquinaria y el segundo se hizo 15 días después de forma manual.

3.7.2.6. Fertilización.

La fertilización se realizó a través de riego por goteo mediante un dispositivo venturi, se aplicó fórmula 200-100-00 (N-P-K). Se utilizaron Urea y Ácido Ortofosfórico.

3.7.2.7. Riego.

Se utilizó cintilla calibre 6000, con emisores a 20 cm con un gasto de 1L h⁻¹ y una presión de 7 Lb. La lámina total de riego fue de 59.74 cm.

3.7.2.8. Control de plagas en mestizos de maíz. UAAAN-UL 2021.

Nombre de plaga	Insecticida	Dosis/ha	Dosis en 1640 m ²
	Clorpirifos	0.75 -2 L/ha	123 ml
Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125 mL/ha	12.3 ml
	Kendo(Lam bda Cyhalotrina)	0.2-0.3 L/ha	32.8 ml
Pulga Saltona (<i>Chaetocnma ectypa</i>)	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125 mL/ha	12.3 ml
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	Abamectina	0.5-1.2 L/ha	82 ml
	Sunfire (Clorfenapir)	250 mL/ha	41 ml

3.7.2.9 Cosecha.

Se realizó a la madurez fisiológica, la que se determina a través de la capa negra en el grano situado en el pedicelo y humedad del grano. Se cosecho todas las mazorcas de la parcela.

Los mestizos se cosecharon en diferentes fechas, los del probador de amplia base genética “Chojo” el 12 de agosto y, los mestizos con TL-244 el 23 de agosto del 2021.

3.8. Variables evaluadas.

Las variables agronómicas evaluadas en los mestizos de formas cuantitativas y cualitativas.

3.8.1. Floración Masculina (FM)

La floración se evaluó cuando la parcela estaba en un 75% de anteras abiertas liberando polen. Se expresó en días Julianos, iniciando desde la siembra.

3.8.2. Floración Femenina (FF)

Se evaluó cuando la parcela útil estaba en un 75% de los jilotes receptores.

Se expresó en días Julianos, iniciando desde la siembra.

3.8.3. Altura de planta (AP)

Se seleccionaron cinco plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la espiga. Se expresó en metros (m).

3.8.4. Altura de la mazorca (AM)

Se seleccionaron cinco plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la espiga. Se expresó en metros (m).

3.8.5. Longitud de mazorca (LMZ)

Se seleccionaron cinco mazorcas al azar de cada parcela y se midió la distancia desde la base al ápice de la mazorca. Se expresó en centímetros (cm).

3.8.6. Diámetro de la mazorca (DMZ)

Se seleccionaron cinco mazorcas al azar de cada parcela y se midió con un vernier digital marca Truper, en la parte media de la mazorca superior. Se expresó en centímetros (cm).

3.8.7. Número de Hileras de la mazorca (NHI)

Se seleccionaron cinco mazorcas al aza de cada parcela y se contabilizaron el número de hileras en total de cada mazorca.

3.8.8. Número Granos por hilera de la mazorca (NGH)

Este dato se obtuvo tomando cinco mazorcas de cada muestra, y luego se contabilizaron los granos de la hilera por mazorca.

3.8.9. Rendimiento de Grano (RG)

El rendimiento de grano se calculó con la siguiente fórmula y se expresó en Kg ha^{-1} .

$$RG = PG * CSC * FH/100$$

donde: RG: rendimiento de grano, PG: peso de grano, CSC: constante de la superficie cosechada y FH: factor de humedad.

3.8.10. Constante de la superficie Cosechada (CSC)

La constante de la superficie cosechada fue determinada con la siguiente fórmula:

$$CSC = (10000 / 1000) / SC$$

Dónde: **SC**: superficie cosechada.

3.8.11. Humedad de Campo (HC)

Se tomó una muestra de 250 g de grano por parcela y se colocó en un determinador de humedad modelo Dickey-John Mini, y se expresó en porcentaje (%).

3.8.12. Factor de humedad (FH)

El factor de humedad se realiza para ajustar la humedad de campo a 14% y fue determinado con la siguiente fórmula:

$$FH = (100 - HC) (100) / 85.5$$

3.8.13. Peso de Grano (PG)

Se determinó después de desgranar cada una de las mazorcas por parcela útil, pesando el grano en una báscula tipo SCIENTECH- Modelo N: SG8000 REV-D, se expresó en kilogramos (Kg).

3.9. Modelo Estadístico para análisis combinado línea x probador dentro de ciclo.

El modelo estadístico fue el propuesto por Singh y Chaudhary (1977):

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + L_j + R_k + L \times P_{(ij)} + \varepsilon_{ijk}$$

donde: Y_{ijk} = Es el efecto de i-ésimo probador, de la j-ésima línea en la k-ésima repetición, μ = Es el efecto de la media, R_k = Es el efecto de la k-ésima repetición, P_i = Es el efecto del i-ésimo probador, L_j = Es el efecto de la j-ésima Línea, $L \times P_{(ik)}$ = Es el efecto de la interacción de la j-ésima línea por el i-ésimo probador, ε_{ijk} = Es el efecto del error experimental.

Los datos se analizaron utilizando el software de SAS v. 9.0 (2002).

La ACG se estimó aplicando la fórmula propuesta por Griffing (1956). Sobre la base de los efectos de ACG de las cruzas, se clasifican en valores altos, intermedio y bajo, mediante la agrupación de los valores de $ACG > 1$, ACG cercanos a 1, y $ACG < 1$, respectivamente (Vergara *et al.*, 2005).

3.10. Modelo Estadístico para análisis combinado línea x probador x ciclo.

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + R_j + P_k + C \times P_{(ik)} + L_l + C \times L_{(il)} + L \times P_{(lk)} + C \times P \times L_{(ikl)} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde: Y_{ijkl} = Es el efecto de i-ésimo ciclo, de la j-ésima repetición del k-ésimo probador y la l-ésima línea, μ = Es el efecto de la media, C_i = Es el efecto de la i-ésimo ciclo, R_j = Es el efecto de la j-ésima repetición, P_k = Es el efecto del k-ésimo probador, L_l = efecto de la l-ésima Línea, $C \times P_{(ik)}$ = efecto de la i-ésimo ciclo por el k-ésimo probador, $C \times L_{(il)}$ = efecto del i-ésimo ciclo por la l-ésima línea, $L \times P_{(lk)}$ = efecto de la interacción de la l-ésima línea por el k-ésimo probador, $C \times P \times L_{(ikl)}$ = efecto de la interacción del i-ésimo ciclo por la l-ésima línea por el k-ésimo probador, ε_{ijkl} = efecto del error experimental.

3.11. Porcentaje de la contribución de los híbridos a la varianza total de la población.

Para calcular el porcentaje de la contribución se obtuvo a la suma de cuadrados de las fuentes de variación del análisis de varianza con la suma de cuadrados de la fuente de los híbridos.

$$\text{Porcentaje de contribución} = (\text{SCH}) (100) / \text{SCT}$$

donde: SCH= suma de cuadrado de la fuente de híbridos, 100= es el coeficiente para generar en porcentaje, SCT= suma de cuadrados totales de las fuentes de variación (Pérez, *et al.*, 2016).

3.12. Parámetros genéticos.

La estimación de parámetros genéticos se realizó con base a los componentes de varianza estimado del análisis combinado (CxPxL).

La Varianza aditiva (σ^2a) se estimó en base a la equivalencia de $\frac{1}{4}$ (σ^2a).

La varianza de dominancia (σ^2d) se estimó con $\frac{1}{4}$ (σ^2d).

La varianza fenotípica (σ^2f) se estimó:

$$(\sigma^2f) = \sigma^2G + \sigma^2A + \sigma^2IGA$$

Donde: σ^2G = varianza Genotípica, σ^2A = varianza Ambiental, σ^2IGA = varianza de la Interacción, Genotipo y Ambiente.

La heredabilidad en sentido estricto (h^2) se estimó:

$$(h^2) = (\sigma^2a) / (\sigma^2f)$$

Donde: σ^2a = varianza aditiva, σ^2f = varianza fenotípica.

El grado promedio de dominancia (\bar{a}). Se estimó:

$$\bar{a} = \sqrt{2 (\sigma^2d) / \sigma^2a}$$

Donde: σ^2d = varianza de dominancia, σ^2a = varianza aditiva.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza individual

En el Cuadro 4.1, se presenta el análisis de varianza de los mestizos con el probador de reducida base genética (TL-244) evaluados durante el ciclo primavera y verano.

El efecto ciclo (P-V), fue altamente significativo para las variables FF, AP, AM, LMZ, NHI, RG, mientras que la variable NGH fue significativo ($P \leq 0.05$). En contraste con las variables FM, DMZ la cuales no fueron significativos. Lo cual se explica por las diferencias en las condiciones ambientales de los ciclos primavera y verano.

Los mestizos fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.01$) para las variables FM, FF y RG, en cambio, para el resto de las variables no se observaron diferencias significativas. Lo anterior es probable esté influenciado por el genotipo del probador.

Para la interacción Ciclo x Mestizo no se observan diferencias significativas, lo cual implica que los mestizos no varían en su comportamiento tanto en rendimiento como en características agronómicas en ambos ciclos. Lo anterior es positivo puesto que un genotipo que se mantiene estable en ambos ciclos se asegura su rendimiento.

Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de nueve variables de 11 mestizos formados con el probador TL-244 para el ciclo primavera y verano. UAAAN-UL 2021.

FV	Ciclo (C)	Rep(R)	Mest (M)	CxM	Error	CV (%)
GI	1	4	10	10	40	
FM	6.681	2.121	6.227**	6.227	2.037	2.249
FF	60.136**	2.893	8.978**	2.136	1.393	1.809
AP	2.330**	0.064	0.037	0.024	0.037	9.295
AM	0.824**	0.066**	0.021	0.015	0.014	10.462
LMZ	19.627**	1.564	1.959	2.988	1.506	7.769
DMZ	0.027	0.008	0.041	0.053	0.044	4.491
NHI	9.020**	0.318	0.927	1.143	0.754	5.918
NGH	55.275*	9.124	11.079	11.547	10.782	8.435
RG	184.993**	1.471	2.949**	1.282	0.639	7.789

*, ** Los valores significativos al ≤ 0.05 y $\leq 0.01\%$ de probabilidad. FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

En el Cuadro 4.2, se presenta el análisis de varianza de los mestizos con el probador **CHOJO**, evaluados durante los ciclos primavera y verano.

El efecto ciclo (P-V), fue altamente significativo para las variables FM, FF, AP, AM, LMZ, DMZ, RG y, no significativos para NHI, NGH. Este comportamiento se explica por las diferencias en clima de los ciclos primavera y verano, puntualmente las temperaturas y el fotoperíodo, como lo explica (Reta *et al.*, 1999).

La fuente de variación mestizos fue altamente significativa para las variables **FM, LMZ, DMZ, NHI, NGH, RG** y significativas para las variables **FF, AP y AM**. Las diferencias observadas para las nueve variables indica que los mestizos son al menos, fenotípicamente diferentes y que permitirán hacer una selección. Para la interacción CicloxMestizo, solo las variables FM y RG fueron significativas ($p \leq 0.05$). Esto significa, que con excepción de estas variables (FM, RG), el resto no varían

con el ciclo de siembra y, que la variable RG permitirá seleccionar aquellas líneas que presenten la mejor expresión en ambos ciclos. El coeficiente de variación en todas las variables fue aceptable (Falconer, 1998).

Cuadro 4.2. Significancia de cuadrados medios de nueve variables de 11 mestizos con el probador CHOJO para el ciclo primavera y verano. UAAAN-UL 2021.

FV	Ciclo (C)	Rep(R)	Mest (M)	CxM	Error	CV (%)
GI	1	4	10	10	40	
FM	23.045**	1.666	13.033**	3.712*	1.700	2.241
FF	37.878**	3.424	8.981*	1.678	3.257	2.982
AP	2.036**	0.007	0.050*	0.010	0.019	7.305
AM	0.200**	0.005	0.039*	0.008	0.016	11.23
LMZ	12.32**	0.849	4.014**	0.530	0.068	5.592
DMZ	0.293**	0.065	0.131**	0.031	0.380	4.422
NHI	1.018	0.135	4.598**	0.853	0.908	6.86
NGH	0.118	8.384	26.399**	6.822	8.772	7.865
RG	219.967**	1.394	4.586**	2.525*	1.179	13.81

*, ** Los valores significativos al ≤ 0.05 y $\leq 0.01\%$ de probabilidad. FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

4.2. Porcentaje de contribución de la varianza.

En el Cuadro 4.3., se concentra el porcentaje de contribución de la varianza para cada una de las nueve variables evaluadas en primavera-verano con el probador TI-244. Las variables FM, FF, NGH y RG presentan porcentajes de 28, 37, 14 y 11 de contribución respectivamente, por lo que el probador permitirá seleccionar las líneas que tengan ciclo tardío y con un buen rendimiento.

Cuadro 4.3. Porcentaje de la contribución de la varianza para el Probador TL-244.

FV	Ciclo (C)	Rep(R)	Mest (M)	CxM	Error
GI	1	4	10	10	40
FM	3.021	3.836	28.153	28.153	36.838
FF	25.207	4.851	37.633	8.953	23.356
AP	49.829	5.475	7.913	5.133	31.651
AM	41.036	13.147	10.458	7.47	27.888
LMZ	14.475	4.614	14.448	22.037	44.427
DMZ	0.979	1.16	14.86	19.21	63.791
NHI	14.75	2.08	15.159	18.691	49.32
NGH	7.377	4.871	14.786	15.41	57.557
RG	71.496	2.274	11.397	4.955	9.878

FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

En el Cuadro 4.4., se concentra el porcentaje de contribución para cada una de las nueve variables evaluadas en primavera-verano con el probador CHOJO. Las variables FM, FF, LMZ, NGH, NHI y RG con porcentajes de 49, 31, 62, 49, 36 y 13 de contribución respectivamente, esto indica que CHOJO es adecuado para seleccionar líneas con precocidad, buena longitud de mazorca, numero de hileras y rendimiento de grano. Esto coincide con Hallauer, 1975 y Menz *et al.*, 1999 donde el probador ideal debe incluir simplicidad en el uso, proporcionar información que clasifique correctamente el mérito relativo de las líneas y maximice la ganancia genética.

Sin embargo, es difícil identificar probadores que tengan todas estas características. Los cruces heterocigotos como probador han sido ampliamente utilizados por varios mejoradores El-Ghawas (1963), Horner *et al.* (1976), Mosa (2010), Mousa y Aly (2012) y Aly (2013).

Cuadro 4.4. Porcentaje de la contribución de la varianza para el Probador CHOJO. UAAAN-UL 2021.

FV	Ciclo (C)	Rep(R)	Mest (M)	CxM	Error
GL	1	4	10	10	40
FM	8.691	2.513	49.152	13.999	25.645
FF	13.132	4.748	31.136	5.817	45.166
AP	59.463	0.818	14.603	2.921	22.196
AM	15.038	1.504	29.323	6.015	48.12
LMZ	19.287	5.317	62.841	8.297	4.258
DMZ	1.687	1.497	7.54	1.784	87.492
NHI	1.102	0.584	49.768	9.233	39.312
NGH	0.016	4.679	36.832	9.518	48.955
RG	63.979	1.622	13.339	7.344	13.717

FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

4.3 Análisis de varianza combinado

En el Cuadro 4.5 de análisis de varianza combinado (Ciclos, Probadores y Líneas) se presentan la significancia de los cuadrados medios de nueve variables evaluadas en los ciclos Primavera y verano.

El efecto de los ciclos (primavera- verano), fue altamente significativo para las variables AP, AM, LMZ, NHI, RG, mientras que para la variable DMZ fue significativa. En contraste con las variables FM, FF, NGH fueron no-significativas.

Se observa que el ciclo afectó a los componentes de rendimiento (LMZ, NHI, DMZ) y al RG en consecuencia se espera que el rendimiento sea diferente para cada ciclo. En tanto que los días de FM y FF no fueron afectada significativamente. Esto se debe principalmente a la variación del factor temperatura como lo explica (Reta *et al.*, 1999).

Para la fuente de variación de probador, con excepción de las variables AM y NHI que fueron no significativas, el resto de las variables fueron altamente significativa y significativas. Esto indica que los probadores TL-244 y CHOJO son genéticamente diferentes para FM, FF, AP, DMZ, LMZ, NGH y RG, lo cual coincide con lo expuesto por (Latournerie, 1990).

Para la interacción CxP, las variables FM, FF, AM y NHI fueron significativos, en contraste con las variables AP, LMZ, DMZ, NGH y RG no fueron significativas. Esto indica que los dos probadores los afecta el ciclo en los días a floración, altura de mazorca y numero de granos por hilera. Esto se debe posiblemente a las temperaturas que se presentan para los ciclos primavera y verano. En general en la región lagunera, los genotipos comerciales, híbridos o sintéticos, son afectado por el ciclo. En primavera, el rendimiento y productividad del maíz es limitado por factores como la energía solar, mientras que, en siembra de verano, posiblemente lo afecte el fotoperiodo (duración del día) y temperaturas altas (Reta *et al.*, 1999).

Para la fuente de variación de líneas se observa que fueron estadísticamente diferentes para FM, FF, LMZ, NGH y RG. Esto significa que el material genético utilizado en este ensayo es fenotípicamente diferente para cuatro de las nueve variables evaluadas. Estas diferencias genéticas encontradas entre las líneas coinciden con (Mendoza *et al.*, 2000) quien realizo la prueba con líneas S2.

Las variables LMZ, NHI y RG fueron significativas para la interacción CxL, en tanto que el resto de las variables fueron no significativas. Lo anterior implica que las variables cuantitativas en las líneas fueron las más afectadas representadas por el ciclo.

La interacción PxL, resultado significativa para las variables AP, NGH y RG, en contraste con el resto de las variables las cuales no son significativas. Esto nos permite discriminar las líneas y el mejor probador con base al rendimiento como lo explica (Mendoza *et al.*, 2000). En la interacción PxL, las diferencias encontradas indican que los probadores clasifican a las líneas en forma diferente. Estos resultados eran de esperarse debido a que existen diferencias dentro de probadores y líneas, coincidiendo con lo reportado por Hallauer (1990).

El probador y las líneas no interaccionaron con el ciclo para las nueve variables evaluadas, lo cual muestra que los materiales se comportan igual en el ciclo primavera como en verano.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios y significancia estadística de nueve variables morfológicas en el análisis combinado. UAAAN-UL 2021.

FV	Ciclo (C)	Rep (R)	Probador (P)	C*P	Línea (L)	C*L	P*L	C*P*L	EE	CV (%)
gl	1	4	1	1	10	10	10	10	84	
FM	2.45	1.65	928.03**	27.27**	17.58**	3.2	1.68	2.65	1.88	2.2
FF	1.28	3.56	742.18**	96.73**	16.65**	2.09	1.3	1.71	2.34	2.4
AP	4.36**	0.02	0.75**	0.004	0.03	0.03	0.06*	0.01	0.03	8.6
AM	0.92**	0.04	0.03	0.11*	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02	11.1
LMZ	31.52**	1.19	54.87**	0.42	4.37**	2.15*	1.59	1.35	1.09	6.8
DMZ	0.25*	0.06	2.30**	0.07	0.10*	0.04	0.08	0.05	0.04	4.4
NHI	8.05**	0.18**	20.33	1.99*	3.69	1.12*	1.83	0.87	0.81	6.2
NGH	25.1	12.4	53.5*	30.3	16.2	8.6	21.3*	9.8	9.1	8
RG	404.20**	1.46	190.67**	0.76	5.03**	2.34*	2.51*	1.47	0.93	10.6

*, ** Los valores significativos al ≤ 0.05 y $\leq 0.01\%$ de probabilidad. FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

En el Cuadro 4.6 se muestran los valores medios de nueve variables evaluadas en dos ciclos. El ciclo primavera en comparación con el ciclo verano, los mestizos no fueron afectados en su precocidad ni en el NGH, en cambio el ciclo los afectó en AP y AM, así como para LMZ, DMZ, NHI y RG.

Cuadro 4.6. Prueba de valores medios de nueve variables en dos ciclos de siembra. UAAAN-UL 2021.

Variable	Ciclos	
	Primavera	Verano
FM	60.98 a ¹	60.95 a
FF	62.98 a	62.78 a
AP	2.18 a	1.82 b
AM	1.23 a	1.07 b
LMZ	15.64 a	14.66 b
DMZ	4.60 a	4.51 b
NHI	14.53 a	14.03 b
NGH	38.72 a	37.85 a
RG	10.81 a	7.31 b

¹Horizontalmente, medias con la misma letra, son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

En el Cuadro 4.7 se presentan los valores medios de los dos probadores evaluados. El probador TL-244 mostró superioridad en las nueve variables evaluadas, respecto al probador CHOJO. Esto indica que los mestizos resultantes del probador TL-244 presentan ciclos tardíos, mayor altura de planta, mayor LMZ, DMZ, NHI y RG los cuales son componentes de rendimiento. Mientras que el probador CHOJO es lo contrario al probador TL-244.

Cuadro 4.7. Valores medios los probadores. UAAAN-UL 2021.

Variables	Probador	
	TL-244	Chojo
FM	63.46 a ¹	58.16 b
FF	65.25 a	60.51 b
AP	2.08 a	1.92 b
AM	1.16 a	1.14 a
LMZ	15.79 a	14.50 b
DMZ	4.69 a	4.42 b
NHI	14.67 a	13.89 b
NGH	38.92 a	37.65 b
RG	10.26 a	7.86 b

¹Medias horizontales con la misma letra son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad. FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

En el Cuadro 4.8 se presentan los valores medios de la interacción LxP, donde los mestizos fueron estadísticamente diferentes para AP, NGH y RG. Se observa en general, que los mestizos con el probador TL superan significativamente a los mestizos del probador CHOJO. En AP en promedio lo superan por 0.17m. En NGH, el mestizo CHxEN-05-8 mostro significativamente el mayor de NHI con 41.3, pero en promedio los mestizos con TL en promedio fueron 1.23 NHI en comparación con CHOJO Para RG se observa que los mestizos con las líneas EN-06-16, EN-05-10 y EN-08-12 presentaron los rendimientos más sobresalientes con ambos probadores. Lo anterior supone que deberán caracterizarse por tener valores altos de ACG y que las cruzas que se realicen entre ellas generarán probablemente híbridos con un importante aporte de heterosis.

Cuadro 4.8. Medias para la interacción probador x línea. UAAAN-UL 2021.

Probador	Línea	FM (d)	FF (d)	AP (m)	AM (m)	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHI	NGH	RG (tha ⁻¹)
Ch	EN-06-16	60	62	1.9	1.3	14.6	4.4	12.8	38.9	9.04
Ch	EN-05-10	59	61	1.8	1.1	14.9	4.4	14.5	39.9	8.9
Ch	EN-08-12	59	60	1.9	1.1	15.4	4.5	14	39.4	8.76
Ch	EN-02-16	59	61	2.1	1.2	15	4.5	14.1	38.2	8.48
Ch	EN-03-9	58	60	1.9	1.1	13	4.4	13.5	34.1	7.94
Ch	EN-05-8	59	61	2.1	1.2	15.6	4.2	13.0	41.3	7.88
Ch	EN-07-12	57	59	2.0	1.1	14.2	4.4	14.5	36.0	7.8
Ch	EN-03-3	58	61	2.0	1.1	14.6	4.8	12.9	37.0	7.41
Ch	EN-03-13	58	61	1.9	1.1	14.9	4.4	13.4	36.0	7.03
Ch	EN-04-2	55	58	1.8	1.0	13.4	4.2	15.7	37.2	6.67
Ch	EN-05-12	60	61	1.9	1.1	13.9	4.3	14.4	36.2	6.57
TL	EN-06-16	65	66	2.1	1.2	16.9	4.8	14.6	40.6	11.45
TL	EN-08-12	63	65	2.1	1.2	16.0	4.7	14.8	37.7	11.03
TL	EN-05-12	65	66	2.1	1.2	15.5	4.7	14.5	40.5	10.89
TL	EN-05-10	64	65	2.2	1.2	15.4	4.7	15.3	36.5	10.73
TL	EN-03-3	63	65	2.1	1.1	16.5	4.8	14.6	39.2	10.3
TL	EN-05-8	64	66	1.9	1.0	16.1	4.7	15.0	38.3	10.1
TL	EN-03-9	64	66	2.1	1.2	15.3	4.9	14.1	37.5	10.02
TL	EN-07-12	62	63	2.0	1.2	15.1	4.7	14.6	38.6	9.97
TL	EN-03-13	64	66	2.1	1.2	16.1	4.6	14.3	39.1	9.76
TL	EN-04-2	62	63	2.0	1.2	15.3	4.6	15.3	39.4	9.67
TL	EN-02-16	64	66	2.1	1.2	15.6	4.6	14.3	40.8	9.02
DMS		1.57	1.75	0.20	0.16	1.20	0.23	1.03	3.46	1.106

DMS=Diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad. FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

4.4. Estimación de aptitud combinatoria general (ACG).

En el Cuadro 4.9 se presentan las ACG de las 11 líneas combinadas con el probador TL-244, donde la línea EN-06-16 presenta valores positivos para las variables NGH y RG las cuales aportan altos valores genéticos aditivos.

De igual forma las líneas EN-05-12 y EN-08-12 muestran valores positivos de ACG para RG, donde además la línea EN-05-10 mostró un valor positivo de ACG para NHI.

En contrastes con las líneas EN-02-16 y EN-04-2 muestran valores altos negativos de ACG para RG, lo cual podría ser relevante al cruzarlas con líneas de ACG positivas.

Cuadro 4.9. Aptitud combinatoria general de las 11 líneas con el probador TL-244 para el ciclo primavera- verano. UAAAN-UL.

Mestizo	FM (d)	FF (d)	AP (m)	AM (m)	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHI	NGH	RG (t ha⁻¹)
EN-06-16	1.20	1.07	0.05	0.05	1.06	0.06	-0.08	1.67	1.18
EN-05-12	1.20	0.41	0.03	-0.01	-0.33	0.00	-0.15	1.54	0.62
EN-02-16	0.70	0.74	0.07	0.04	-0.18	-0.13	-0.35	1.84	-1.25
EN-03-9	0.53	0.91	-0.01	0.04	-0.48	0.17	-0.61	-1.40	-0.25
EN-05-8	0.36	0.91	-0.19	-0.14	0.34	-0.01	0.32	-0.66	-0.17
EN-03-13	0.03	0.57	0.04	-0.01	0.34	-0.09	-0.35	0.20	-0.51
EN-05-10	0.03	0.07	0.08	0.06	-0.42	-0.02	0.65	-2.40	0.46
EN-08-12	-0.14	0.07	0.05	0.01	0.16	0.00	0.12	-1.20	0.76
EN-03-3	-0.30	-0.09	0.01	-0.08	0.74	0.08	-0.08	0.24	0.03
EN-07-12	-1.80	-2.09	-0.08	0.01	-0.71	0.01	-0.08	-0.30	-0.30
EN-04-2	-1.80	-2.59	-0.03	0.02	-0.54	-0.05	0.59	0.44	-0.60

FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

En el Cuadro 4.10 se presentan las ACG de las 11 líneas combinadas con el probador CHOJO, las líneas EN-06-16, EN-05-10 y EN-08-12 presenta valores

positivos para las variables NGH y RG las cuales aportan altos valores genético. En contrastes con las líneas EN-03-3, EN-03-9, EN-07-12 y EN-04-2 donde los valores son altos y negativos, esto indica que estos híbridos tienen mayor precocidad y bajos rendimiento de grano.

Cuadro 4.10 Aptitud combinatoria general de las 11 líneas con el probador Chojo para el ciclo primavera- verano. UAAAN-UL

Mestizo	FM (d)	FF (d)	AP (m)	AM (m)	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHI	NGH	RG (t ha⁻¹)
EN-06-16	1.66	1.65	0.01	0.18	0.07	-0.04	-1.09	1.25	1.18
EN-05-12	1.66	0.81	-0.07	-0.02	-0.64	-0.09	0.54	-1.48	-1.29
EN-05-10	0.83	0.81	-0.10	0.01	0.41	-0.03	0.58	2.25	1.04
EN-05-8	0.66	0.65	0.12	0.05	1.13	-0.19	-0.89	3.65	0.02
EN-02-16	0.33	0.81	0.15	0.10	0.50	0.11	0.18	0.58	0.62
EN-08-12	0.33	-0.52	-0.02	-0.06	0.89	0.08	0.11	1.72	0.90
EN-03-13	0.16	0.15	-0.04	-0.04	0.42	0.00	-0.49	-1.62	-0.83
EN-03-3	-0.17	-0.02	0.07	0.00	0.12	0.34	-0.96	-0.65	-0.45
EN-03-9	-0.50	-0.19	-0.04	-0.04	-1.54	-0.02	-0.36	-3.55	0.08
EN-07-12	-1.50	-1.52	0.04	-0.04	-0.30	0.00	0.58	-1.65	-0.06
EN-04-2	-3.50	-2.69	-0.14	-0.12	-1.06	-0.19	1.84	-0.45	-1.19

FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

En el Cuadro 4.11 se observan los valores de **ACG** de las 11 líneas del análisis combinado de los dos probadores evaluados en los ciclos primavera-verano. Sobresale la línea **EN-06-16** con dos valores mayores a la unidad con **1.46** y **1.18** para **NGH** y **RG**, además un valor menor de la unidad con **0.56** para **LMZ**., donde el **NGH** y **LMZ** contribuyen con el **RG**. Puesto que esta línea combina con ambos probadores es probable que pertenezca a ambos patrones heteróticos.

Así mismo, las líneas **EN-05-10** y **EN-08-12**, muestran valores positivos de ACG menores a la unidad para **RG**, 0.75 y 0.83 pero, además, la línea **EN-05-10** muestra un valor de **0.62** de ACG para **NHI**, a quien se puede atribuir el **RG**.

En contraste con lo anterior, las líneas EN-03-13 y EN-04-2 mostraron valores negativos para **RG**, lo que supone que pertenecen a grupos heteróticos diferentes a las líneas EN-05-10 y EN-08-12 lo que pudiesen ser utilizadas como progenitores para generar híbridos con un buen grado de heterosis.

Cuadro 4.11. Aptitud combinatoria general de las líneas del análisis combinado de los dos probadores para el ciclo primavera- verano. UAAAN-UL 2021.

Línea	FM (d)	FF (d)	AP (m)	AM (m)	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHI	NGH	RG (t ha ⁻¹)
EN-06-16	1.27	1	0.03	0.11	0.56	0.01	-0.58	1.46	1.18
EN-05-8	0.27	1	-0.03	-0.05	0.74	-0.10	-0.28	1.49	-0.08
EN-02-16	0.27	1	0.11	0.07	0.16	-0.01	-0.08	1.21	-0.31
EN-05-12	1.27	1	-0.02	-0.02	-0.48	-0.05	0.20	0.02	-0.33
EN-05-10	0.27	0	-0.01	0.03	-0.01	-0.03	0.62	-0.08	0.75
EN-03-13	0.27	0	0.00	-0.03	0.38	-0.05	-0.42	-0.71	-0.67
EN-03-9	0.27	0	-0.03	0.00	-1.01	0.07	-0.48	-2.48	-0.09
EN-03-3	0.27	0	0.04	-0.04	0.43	0.21	-0.52	-0.21	-0.21
EN-08-12	0.27	0	0.02	-0.02	0.52	0.03	0.12	0.26	0.83
EN-07-12	-1.73	-2	-0.02	-0.02	-0.50	0.00	0.25	-0.98	-0.18
EN-04-2	-2.73	-2	-0.08	-0.05	-0.80	-0.13	1.22	-0.01	-0.89

FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NHI= Número de Hileras, NGH= Numero de Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

4.5. Estimación de parámetros genéticos.

Los cuadrados medios y sus esperanzas del análisis de varianza combinado (Cuadro 4.5) fueron utilizados para obtener los parámetros genéticos de los

componentes de varianza aditiva (σ^2_a), varianza de dominancia (σ^2_d) varianza fenotípica (σ^2_f), heredabilidad en sentido estricto (h^2) y el grado promedio de dominancia (\bar{a}).

Al estimar los componentes de varianzas genéticas (Cuadro 4.12), la varianza aditiva fue positiva para la variable **LMZ** lo que nos permite estimar la heredabilidad en el sentido estrecho como lo señala (Gutiérrez *et al.*, 2002), con un valor de 58.5 por ciento.

En el caso de las variables **NHI, DMZ y RG** la varianza de dominancia fue superior a la aditiva con una heredabilidad de 39.9, 30.7 y 35.0 respectivamente.

En consecuencia, se observan valores de 1.5, 1.8 y 1.6 para grado promedio de dominancia en las variables NHI, DMZ y RG, respectivamente. Lo anterior indica que existe un efecto promedio de dominancia, lo que permite inferir que se puede explotar la heterosis con determinadas líneas, acentuando este efecto principalmente en estas variables como lo encontrado por (Márquez, 1993).

Cuadro 4.12. Parámetros genéticos del análisis combinado de dos probadores y 11 líneas.

Parámetro	NHI	LMZ (cm)	DMZ (cm)	RG (t ha ⁻¹)
σ^2_a	0.54	0.66	0.01	0.55
σ^2_d	0.64	0.16	0.02	0.70
σ^2_f	1.35	1.13	0.04	1.56
h^2	39.9	58.5	30.7	35.0
\bar{a}	1.5	0.7	1.8	1.6

σ^2_a = varianza aditiva; σ^2_d = varianza de dominancia; σ^2_f = varianza fenotípica; h^2 = heredabilidad en sentido amplio; \bar{a} = grado promedio de dominancia

V. CONCLUSIONES

- El ANOVA individual para el probador Chojo, los mestizos fueron significativos para las nueve variables. En contraste con el probador TL que fue significativo solo para las variables FM, FF y RG.
- El ANOVA combinado, el Ciclo afectó significativamente AP, AM, LMZ, DMZ, NHI y RG.
- Los probadores fueron significativos diferentes para FM, FF, AP LMZ, DMZ, NGH y RG.
- Los probadores fueron afectados significativamente por el ciclo (CxP) para FM, FF, AM y NHI.
- Los mestizos (PxL) fueron significativamente afectados para AP, NGH y RG.
- No se observó significancia para la interacción CxPxL.
- La magnitud de la ACG fue mayor para el probador Chojo así como la mayor contribución a la varianza.
- La acción génica más importante fue la no-aditiva con valores promedio de dominancia superiores a la unidad.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Álvarez, A., Garay, G., Giménez, J., & Ruiz de Galarreta, J. I. (1993). Heterosis entre dos sintéticos de maíz expresada sobre caracteres morfológicos y reproductivos. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 8(3), 333-340.
- Aly, R. S. H. (2013). Relationship between combining ability of grain yield and yield components for some newly yellow maize inbred lines via line x tester analysis. *Alex. J. Agric. Res*, 58(2), 115-124.
- Anderson JC, Chow PN. 1960. Phenotypes and grain yield associated with br2 gene in single cross hybrids of dent corn. *Crop Sci* 1:335–337.
- Bauman, L.E 1981. Review of methods used by breedersto develop superior inbreds. *Proc. Corn and SorghumInd. Res.Conf.*. 36: 199-208.
- Bekavac, G., B. Purar y D. Jocković (2008). Relationships between line per se and testcross performance for agronomic traits in two broad-based populations of maize. *Euphytica* 162: 363-369.
- Betrán, F. J., Ribaut, J. M., Beck, D., & De León, D. G. (2003). Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and nonstress environments. *Crop Science*, 43(3), 797-806.
- Betrán, FJ, J. Metro Ribaut, D. Arroyo y D. González Delaware León. 2003. Genético diversidad, específico combinatorio habilidad y heterosis en tropical maíz bajo estrés y no ambientes de estrés. *Crop Science* 43: 797-806.
- Bonamico, N.; J. Aiassa, M. Ibañez, M. Di Renzo, D. Díaz y J. Salerno. 2004. Caracterización y clasificación de híbridos simples de maíz con marcadores SSR. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 33 (2): 129-144.
- Camacho, R.G.; Garrido, O. and Lima, M.G. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* [online]. vol.52, n.2, pp.294-298. ISSN 1678-992X.
- Cassani, E., Durante, M., Landoni, M., Pilu, R., y Villa, D. (2010). El mutante doble braquítico 2 y 3 de maíz muestra alteraciones en el crecimiento de las plantas y en el desarrollo del embrión. *Plant Growth Regulation*, vol. 64, 185 - 192.
- De la Cruz-Larios, L., Sánchez-González, J. J., Ron-Parra, J., Santacruz-Ruvalcaba, F., Rodríguez-Guzmán, E., Ruíz-Corral, J. A., & Morales-Rivera, M. M. (2008). Probadores de maíz para factores de incompatibilidad gametofítica. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 341-341.

- De la Cruz-Lázaro, E., Rodríguez-Herrera, S. A., Estrada-Botello, M. A., Mendoza-Palacios, J. D., & Brito-Manzano, N. P. (2005). Análisis dialéctico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Universidad y Ciencia*, 21(41), 19-26.
- De los Ángeles Acevedo-Cortés, M., Gutiérrez, A. C., Andrade-Rodríguez, M., Nuñez-Valdez, M. E., Perdomo-Roldan, F., & Suárez-Rodríguez, R. (2020). Aptitud combinatoria y potencial agronómico de líneas de maíz con diferente nivel de endogamia. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6(1).
- Dzib-Aguilar, L. A.; Segura, J. C.; Ortega, R. y Latournerie, L. 2011. Cruzas dialécticas entre poblaciones nativas de maíz de Yucatán y poblaciones mejoradas. *Trop. Subtrop. Agroecosys*. 14:119-127.
- El-Ghawas MT (1963) The relative efficiency of certain open pollinated varieties, single and double crosses as testers in evaluating the combining ability of maize inbred lines in top crosses. *Alex J Agric Res*. 11: 115-130.
- Falconer, D. S. (1989). *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman, 3a. ed. Londres.
- Galavić V.; S. Mladnovic D., J. Navalušić and M. Zlokolica. 2006. Characterization methods and fingerprinting of agronomically important crop species. *Genetika* 38 (2): 83-96.
- González, G.J., J.D. Molina y A. Martínez (1990). Implicación del rendimiento *per se* y de la ACG de líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays* L.) en la producción de cruza simples de alto rendimiento. *Agrociencia, Serie Fitociencia* 2: 29-42.
- Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.*, 9(4), 463-493.
- Guerrero-Guerrero, C., Espinoza-Banda, A., Palomo-Gil, A., Río, G. D., Luna-Ortega, J. G., & Rodríguez-Dimas, N. (2012). Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza simples con líneas élite de maíz. *Universidad y ciencia*, 28(1), 65-77.
- Gutiérrez, Emiliano y palomo, Arturo y Espinoza, Amando y Cruz, Efraín de la (2002). Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la comarca lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(3), 271-277. [Fecha de Consulta 9 de noviembre de 2021]. ISSN: 0187-7380. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61025307>
- Hallauer AR (1975) Relation of gene action and type of tester in maize breeding procedures. *Proc Ann Corn Sorghum Res Conf*. 30: 150-165.
- Hallauer, A. 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica* 35: 1-16.

- Hoegenmeyer TC, Hallauer AR (1976) Selection among and within full-sib families to develop single crosses of maize. *Crop Sci.* 16:76-80.
- Hooley R (1994) Gibberellins: percepción, transducción y respuestas. *Planta Mol Biol* 26: 1529 – 1555.
- Horner ES, Lutrick MC, Chapman WH, Martin FG (1976) Effect of recurrent selection for combining ability with a single cross tester in maize. *Crop Sci.* 16: 5-8.
- Latournerie L., M.1990. Comportamiento de 35 líneas de maíz del trópico seco con tres probadores. Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Lobato-Ortiz, R., J. Molina- Galán, J. López- Reynoso, J. Mejía-Contreras y D. Reyes-López 2009. "Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de Maíz." *Agrociencia.* 44: 17-30.
- Malacarne, María F., & San Vicente G, Félix M. (2003). Patrones heteróticos de líneas tropicales blancas de maíz. *Agronomía Tropical*, 53(4), 32-40. Recuperado en 04 de octubre de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000400004&lng=es&tlng=es.
- Maldonado, M. M., Lomelí, A. P., Castellanos, J. S., Pérez, J. E. R., & Aguilar, R. M. (2002). Varianza aditiva, heredabilidad y correlaciones en la variedad M1-Fitotecnia de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Revista fitotecnia mexicana*, 25(3), 231-237.
- Márques, S. F. (1992) La interacción genético - ambiental en genotecnia vegetal. *In: Memorias Simposio Interacción Genotipo – Ambiente en Genotecnia Vegetal.* Guadalajara, Jal., México. pp:1-27.
- Márquez S F (1988) Genotecnia Vegetal. Tomo II. AGTESA. México. 563 p.
- Márquez S F (1993) Métodos de Mejoramiento Genético del Maíz. UACH. México. 77 p.
- Mendes, M.P.M.R, S.E. Pêgo, C.V. Patto y A.R. Hallauer (2008). Comparison of selection methods on 'Pigarro', a Portuguese improved maize population with fasciation expression. *Euphytica* 163: 481-499
- Mendoza, M., Oyervides, A., & Rodríguez, S. A. (2000). Efecto de dos probadores en la selección de líneas de maíz tropical. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23(1), 79-86.
- Menz MA, Hallauer AR, Russell WA (1999) Comparative response of two reciprocal recurrent selection methods in BS21 and BS22 maize populations. *Crop Sci.* 39: 89-97.

- Mosa HE (2010) Estimation of combining ability of maize inbred lines using top cross mating design. *J Agric Res Kafr El-Sheikh Univ.* 36(1): 1-15.
- Mousa SThM, Aly RSH (2012) Estimation of combining ability effects of new white maize inbred lines (*Zea mays* L.) via line x tester analysis. *Egy J Agric Res* 90(4): 77-90.
- Nestares, G., E. Frutos y G. Eyherabide. 1999. Evaluación de capacidad combinada en líneas de maíz de pedernal naranja. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 34: 1 399-1 406.
- Pérez, AH, Castillo, HD, Huitrón, RG y Alonso, EH (2016). Índices de selección y línea por probador como criterios de selección de híbridos y probadores de maíz QPM respectivamente. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 72 p.
- Pinto, R. de M. C., C. L. de Souza Jr., L.A. Carlini-Garcia, A. A. F. Garcia and A. Pereira de Souza. 2003. Comparison between molecular markers and diallel crosses in the assignment of maize lines to heterotic groups. *Maydica* 48:63-73.
- Ramírez, J., Ron, J., Sánchez, J., Carcía, A. y Maya, J. (2016). Capacidad combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas e híbridos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 9 (2), 69-79. <https://doi.org/10.15517/am.v9i2.20108>.
- Ramírez, JL, Ron, J., Sánchez, J., Carcía, A. y Maya, J. (1998). Aptitud combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 69-79.
- Rebolloza Hernández, H., Castillo Gutiérrez, A., Carapia Ruíz, V. E., Andrade Rodríguez, M., Villegas Torres, O. G., Núñez Valdés, M. E., ... & Perdomo Roldán, F. (2016). Estimación de parámetros genéticos y selección de líneas S1 en una población segregante de maíz tropical. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(8), 1893-1904.
- Reta, D., Gaytan, A., Cueto, J., Faz, R.,.1999. Sistemas de producción para incrementar la productividad. inifap-cirnoc-celala.
- Ruales, E. F. R.; Manrique, P. C. y Cerón, M. M. 2007. Fundamentos en mejoramiento animal. Vieco. 1 ra (Ed.). Medellín. 208 p.
- SAS (2002). Statistical Analysis System. User`s guide version 9.0: Statistics. SAS Institute Inc, Cary, NC
- Scott G E and C M Campbell (1965) internode length in normal and brachytic-2 maize inbreds and single crosses. *Crop Sci.* 9: 239-295.

- Sierra, M., Márquez, F., Valdivia, R., Cano, O., & Rodríguez, F. A. (2000). Aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), 103-112.
- Singh, R. K., and Chaudhary, B. D. (1979). Biometrical methods in quantitative genetic analysis. New Delhi: Kalyani.
- Smith, I. S. C. and O. S. Smith. 1989. The description and assessment of distance between inbred lines of maize: I. the use of morphological traits as descriptors. *Maydica*. 34: 141-150.
- Sprague, G. E; Tatum, L. A. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corno Jour. Amer.Soc. Agron. 34: 923-932.
- Terron, A., Preciado, E., Córdova, H. y López, R. (2016). Patrones heteróticos de 30 líneas de maíz derivadas de la población del CIMMYT 43 SR. *Agronomía Mesoamericana*, 8 (1), 26-34. <https://doi.org/10.15517/am.v8i1.24720>
- Vergara Á., N., Rodríguez Herrera, S. A., & Córdova Orellana, H. S. (2005). Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz (*Zea mays*) trópico y subtropical. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 137-143.
- Vogler H, Kuhlemeier C (2003) Hormonas simples pero complejas de señalización. *Curr Opin Planta Biol* 6: 51-56.