

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



: Selección de líneas de maíz portadoras del gene braquítico (br-2) por su aptitud combinatoria general

POR:

MARICELA LIRA RODRIGUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Selección de líneas de maíz portadoras del gene braquítico (br-2) por su aptitud combinatoria general

POR:

MARICELA LIRA RODRIGUEZ

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. Alain Buendía García
Vocal Suplente


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

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Selección de líneas de maíz portadoras del gene braquítico (br-2) por su aptitud combinatoria general

POR:

MARICELA LIRA RODRIGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Armando Espinoza Banda
Presidente


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
Diciembre, 2019



AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, y los **SANTOS** a los que me encomiendo en momentos difíciles, gracias por bendecirme y permitirme llegar con bien a esta etapa, le doy gracias por llenar mi vida de grandes momentos, de lindas personas y de gratas experiencias.

A mis **PADRES** Jesús Lira Muro y Maria Luisa Rodriguez Reyes por su apoyo y por todos los sacrificios que hicieron para que yo pudiera llegar a la culminación de mis estudios.

A la **UAAAN UL** por permitirme realizar mis estudios profesionales en esta gran institución, por todas las facilidades y apoyos que nos brinda y sobre todo gracias por ser mi segunda casa y por permitirme conocer a personas maravillosas que sin duda dejaron huella en mi persona.

A mis **HERMANAS** Maria Luisa Lira Rodriguez, Maria de Jesús Lira Rodriguez y Angelica Guadalupe Lira Rodriguez por brindarme sus consejos, apoyarme y respaldarme en mis decisiones.

A mis **ABUELA** Victoria Reyes Ramírez, por todos los consejos que me ha brindado en transcurso de mi vida.

A mis **AMIGOS** Rodolfo Martínez, Leonardo Darío Suarez, Aurelio Martínez y Maclovio Rodriguez por su apoyo incondicional, por hacer que mi estancia en la universidad fuera más divertida y más que nada les agradezco por convertirse en mi segunda familia.

A mis **ASESORES** el Dr. Armando Espinoza Banda, la Dra. Oralia Antuna Grijalva, el M.C. José Luis Coyac Rodríguez y el Dr. Jorge Quiroz Mercado por la orientación que me brindaron en el campo y en la redacción de este proyecto.

Por ultimo estoy infinitamente agradecida con cada uno de ustedes por apoyarme en mis decisiones y en los momentos difíciles, por transmitirme todo su conocimiento y ayudarme a resolver mis dudas por eso y más gracias, prometo esforzarme cada día más para que todo ese apoyo no sea en balde y ser cada día una mejor persona y profesionista.

DEDICATORIA

A mis **PADRES** Jesús Lira Muro y Maria Luisa Rodriguez Reyes por su apoyo y por todos los sacrificios que hicieron para que yo pudiera llegar a la culminación de mis estudios.

A la **UAAAN UL** por permitirme realizar mis estudios profesionales en esta gran institución, por todas las facilidades y apoyos que nos brinda y sobre todo gracias por ser mi segunda casa y por permitirme conocer a personas maravillosas que sin duda dejaron huella en mi persona.

A mis **HERMANAS** Maria Luisa Lira Rodriguez, Maria de Jesús Lira Rodriguez y Angelica Guadalupe Lira Rodriguez por brindarme sus consejos, apoyarme y respaldarme en mis decisiones.

A mis **ABUELA** Victoria Reyes Ramírez, por todos los consejos que me ha brindado en transcurso de mi vida.

A mis **AMIGOS** Rodolfo Martínez, Leonardo Darío Suarez, Aurelio Martínez y Maclovio Rodriguez por su apoyo incondicional, por hacer que mi estancia en la universidad fuera más divertida y más que nada les agradezco por convertirse en mi segunda familia.

A mis **ASESORES** el Dr. Armando Espinoza Banda, la Dra. Oralia Antuna Grijalva, el M.C. José Luis Coyac Rodríguez y el Dr. Jorge Quiroz Mercado por la orientación que me brindaron en el campo y en la redacción de este proyecto.

RESUMEN

El uso de probadores es un método con el cual el mejorador puede discriminar que materiales son portadores de mejores composiciones genéticas para el factor en estudio. El objetivo del presente trabajo fue la identificación de líneas a través del comportamiento agronómico de sus mestizos y de la aptitud combinatoria general de sus líneas. El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. El material genético consistió de 18 líneas tipo braquítico br-2 y una línea como probador TL-244. Las cruces se realizaron en la primavera del 2017 y los mestizos se evaluaron en verano del 2018. El diseño experimental fue en bloques al azar con 18 mestizos, el probador y un testigo comercial con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), longitud (LMZ), diámetro (DMZ), número de hileras (NHI) y número de granos (NGH), en la mazorca porcentaje de acame de raíz (ACR) y rendimiento de grano (RG). Los mestizos fueron diferentes para las diez variables evaluadas. Los mestizos TL-244xEN-07-8 y TL-244x EN-06-10 mostraron significativamente los mejores rendimientos de grano con 10.5 y 9.9 t ha⁻¹. Se identificaron las líneas EN-07-8, EN-06-10, EN-07-5 y EN-08-12 con valores altos y significativos de ACG para rendimiento de grano (RG). Se concluye que el uso del probador TL-244 fue eficiente para discriminación de las líneas evaluadas.

Palabras clave: Probador, Línea, Aptitud combinatoria general, Mestizo, *Zea mays*L.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
I. INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis:.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Probador.....	3
2.2 Aptitud combinatoria.....	4
2.3 Gene braquítico.....	6
2.4 Mestizos.....	6
III. MATERIALES Y METODOS.....	8
3.1 Localización.....	8
3.2 Material genético.....	8
3.3 Diseño experimental.....	8
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.....	10
3.5.1.1 Floración masculina (FM).....	10
3.5.2 Floración femenina (FF).....	10
3.5.3 Acame de raíz (ACR).....	10
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)	11
3.5.10	Rendimiento de grano (RG)	11
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1	Análisis de varianza	13
4.2	Valores medios	14
4.3	Aptitud combinatoria general	17
V.	CONCLUSIONES	19
VI.	BIBLIOGRAFÍA	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.2 Número y genealogía de las líneas que fueron cruzadas con el probador TL.244, UAAAN UL.....	8
Cuadro 4.1 Significancia de cuadrados medios de 10 variables cuantificadas en 20 mestizos evaluados en el verano del 2018. UAAAN UL.....	13
Cuadro 4.2 Valores medios de 20 mestizos y dos híbridos comerciales en 10 variables evaluados en el verano del 2018. UAAAN UL.....	16
Cuadro 4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG) en 20 mestizos cruzados con el probador TL-244, en 10 variables evaluados en verano del 2018. UAAAN UL.....	18

I. INTRODUCCION

En la actualidad a nivel mundial, el maíz ocupa el primer lugar entre los cereales en rendimiento de grano por hectárea y, el segundo después del trigo en producción total. En México la producción de maíz de grano se divide en maíz blanco y amarillo. El blanco representa una producción del 86.94% y se destina al consumo humano y el maíz amarillo se destina principalmente al sector pecuario el cual solo satisface al 24% de los requerimientos nacionales, (SAGARPA, 2017).

En la región de la Comarca Lagunera ubicada en el Norte de México se siembran anualmente 15 000 ha de maíz de grano (SIAP-SAGARPA, 2005), con un rendimiento promedio de 3.3 t ha⁻¹, pudiendo alcanzar a nivel experimental hasta 13 t ha⁻¹ (Reta *et al.*, 1998).

La búsqueda del aumento del rendimiento en los campos agrícolas es lo que ha impulsado a el sector de investigación a buscar la creación de nuevos híbridos razón por la cual para el mejoramiento de plantas lo importante es el conocimiento referente al componente genético de los materiales usados como parentales (Gutiérrez *et al.*, 2004); comprender la acción que los genes tienen sobre el carácter de interés económico es la base para la planeación de un programa de mejoramiento genético.

El uso de probadores es un método con el cual el mejorador puede discriminar que materiales son portadores de mejores composiciones genéticas para el factor en estudio (Vasal, 1995), ya que la interacción que se da entre la línea y el probador es indicadora de la presencia de efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), las cuales están relacionadas tanto en los efectos genéticos de tipo aditivo (ACG) y de tipo no aditivo como la dominancia y epistasis (ACE) (Vencovsky & Barriga, 1992).

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. Se han utilizado variedades, líneas recicladas, mezclas de variedades o híbridos (Pfarr y Lamkey, 1992). Un buen probador debe permitir clasificar el mérito de cada línea y maximizar la ganancia genética (Russell *et al.*, 1992; Menz *et al.*, 1999).

Objetivos

Identificar las mejores líneas a través del comportamiento agronómico de sus mestizos

Seleccionar las mejores líneas con base a sus valores de aptitud combinatoria general (ACG)

Hipótesis:

H₀: El probador utilizado será capaz de discriminar eficientemente los genotipos examinados.

H_a: El probador utilizado no será capaz de discriminar eficientemente los genotipos examinados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Probador

Hull (1945), concluyo que el probador más eficaz es aquel que en todos sus loci consistan en homocigotos recesivo y que debería eludir la homocigocidad de los alelos de dominancia en cualquier locus.

Matzinger (1953), definio que un probador deseable es aquel que se adecue con mayor facilidad de manejo proporcionando la máxima información sobre el rendimiento que se puede esperar de las líneas probadas cuando se usan en diferentes combinaciones o se establecen en otros ambientes.

Rawling y Thompson (1962) afirman que, para ser un buen probador los materiales genéticos bajo evaluación deben ser catalogados correctamente, además de discriminar eficientemente entre los genotipos que se están evaluando.

Hallauer (1957) menciona que ser un buen probador este debe de ser de fácil empleo, proporcionar información que clasifique correctamente la habilidad de los genotipos evaluados de producir descendencia superior.

Vasal (1995) define a un probador “practico” como un genotipo que no ésta relacionado y que muestra simplicidad en su funcionalidad. Debe proporcionar información que clasifique correctamente el mérito de los genotipos examinados en grupos heteroticos, y que debe diferenciar eficazmente entre los genotipos que están evaluando. También debe aumentar la varianza de las progenies de testcross y proporcionar la máxima ganancia genética para los genotipos examinados.

CIMMYT (1997) definió que el objetivo de un probador consanguíneo es seleccionar una línea sobresaliente que no esté relacionada con las líneas que se están probando

Russell et al., (1992) Menz *et al.*, (1999) Indicaron que un buen probador debe permitir catalogar el mérito genético de cada línea y maximizar la ganancia genética

Allison y Curnow (1966) y Márquez (1988), señalan que el mejor probador es el que contiene todos los genes recesivos para el carácter de interés.

El probador es útil para decidir la capacidad relativa de las líneas femeninas y masculinas para producir combinaciones híbridas deseables (Kempthorne 1957).

Hallauer y López- Pérez (1979) probaron líneas con dos niveles de endogamia (S1 y S8) mediante cruza de prueba y usando cinco probadores. Estos autores indican que la línea élite no relacionada fue tan efectiva como el probador de bajo comportamiento. Además, al parecer la línea relacionada fue efectiva como probador tanto en las líneas S1 como en las S8.

Teóricamente, las ventajas de un probador autofecundado -línea pura- podrían ser una mayor selección de las ganancias debido a una mayor heredabilidad de los híbridos específicos y al hecho de que la selección de los híbridos específicos son iniciadas en el ciclo de mejoramiento de la población (Eberhart *et al.*, 1995).

2.2 Aptitud combinatoria

Rawlings y Thompson (1962) y Reyes y Molina (1982) mencionan que al utilizar como probadores a líneas de alta y baja ACG y variedades de alto y bajo rendimiento, encontraron que los mejores genotipos a utilizar como probador son aquellos de bajo rendimiento.

Sprague y Tatum (1942) definieron el término aptitud combinatoria general para denominar el rendimiento medio de una línea en combinación híbrida, y el término aptitud combinatoria específica para denominar los casos en que combinaciones específicas son relativamente superiores o inferiores de lo que cabría esperar sobre la base del rendimiento medio de las líneas en cuestión.

Ramírez *et al.*, (1998), estudiaron la aptitud combinatoria y las relaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz y descubrieron que el uso de la prueba tardía para ACG, la evaluación simultánea de las líneas per se y el método gráfico desarrollado fue una táctica importante para seleccionar líneas con alta aptitud

combinatoria y calidad agronómica. Además, fue útil para disminuir el número de líneas a evaluar y orientar anticipadamente el tipo de híbrido a formar.

Márquez (1988) definió a la ACG como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, medida a través de su descendencia.

Gutiérrez *et al.*, (2002) señalan que la aptitud combinatoria general (ACG) expresa la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la aptitud combinatoria específica (ACE) expresa la proporción de la varianza genotípica que se debe a las desviaciones de dominancia

Soto-León y Roberto-Fuentes (1990) mencionan que la ACG se debe a efectos génicos aditivos y ACE a tipos de acción génica no aditiva como dominancia, epistasis y varias clases de interacción de factores.

Griffing (1956) y Falconer (1972) señalan que la aptitud combinatoria general se encuentra ligada a la acción génica de tipo aditivo y la aptitud combinatoria específica a la de tipo no aditivo (dominancia y sobredominancia), a través de la correlación ACG/ACE se puede obtener una percepción sobre la forma en que se hereda el carácter de estudio, que resulta ser trascendental para elegir el método de mejoramiento a seguir.

Aguiluz (1998) indica que la ACG explica el comportamiento promedio de un progenitor en sus cruzamientos, midiendo el rendimiento medio de una línea mediante sus combinaciones híbridas, es decir, el comportamiento de la línea cuando se cruza con otros genotipos.

Poehlman y Sleper (2003) mencionan que la ACE determina la acción génica no aditiva (dominancia y epistasis) y se utiliza para destacar las combinaciones de cruzamientos entre líneas endogámicas con rendimiento superior.

2.3 Gene braquítico

Cook (1915) Indica que se denominan braquíticos a las plantas mutantes que tienen como peculiaridad el acortamiento del entrenudo del tallo, sin que haya una disminución similar en otras características de la planta

Emerson (1912), Hartley (1902) y Kempton (1921) mencionan que las primeras descripciones del fenotipo braquítico en maíz se tienen reportadas desde hace 100 años

El gene braquítico-2 (Sarria y Muñoz, 1973) el cual disminuye casi a la mitad la estatura debido al acortamiento y engrosamiento de los entrenudos por debajo de la mazorca superior (Kempton, 1923). Las hojas de los maíces braquíticos son en general más anchas, más verdes (Anderson y Chaw, 1973).

Multani *et al.*, (2003). Indican que el gen braquítico 2 es consecuencia de la pérdida de una glicoproteína p que modula el transporte de auxinas en el tallo

Sámamo (2009) describe las líneas endogámicas empleadas, líneas que fueron derivadas del grupo de maíz enano (Grupo a) del Programa Bajío del Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” (IMM), que son de grano blanco semicristalino, plantas con entrenudos cortos debajo de la mazorca, hojas erectas y espiga compacta, de madurez precoz e intermedio. Propiedad que les permiten soportar altas densidades de población y que se adecuen al subtrópico de México.

2.4 Mestizos

Singh y Chaudhary (1985), indican que el análisis de línea x probador, proporciona información de aptitud combinatoria general y específica, y además estima varios tipos de efectos genéticos

Vencovsky & Barriga (1992) Con respecto a la interacción línea por probador, mencionan que ésta señala la existencia de efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas con los probadores y que ponen en evidencia la presencia de dominancia y/o efectos epistáticos que involucran dominancia en el control del carácter en cuestión.

Paz *et al.*, (1973) mencionan que la expresión del comportamiento de los mestizos son la suma de efectos génicos aditivos tanto de la línea como del probador más los efectos de la interacción línea x probador.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El presente trabajo de investigación se desarrolló 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

Material genético. Se utilizó como hembra la línea TL-244 proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y como macho, se utilizaron 18 líneas enanas tipo braquítico (br2) con los cuales se formaron un total de 18 mestizos.

Cuadro 3.2 Número y genealogía de las líneas que fueron cruzadas con el probador EN, UAAAN-UL

No.	Línea	No.	Línea
T02	EN-02-04-2-2-1-1	T12	EN-06-10-2-2-1-1
T03	EN-02-07-1-2-2-1	T13	EN-06-12-2-2-1-1
T04	EN-03-13-1-1-2	T16	EN-07-12-2-2-1-1
T05	EN-03-03-2-1-1-1	T17	EN-07-05-2-2-1-1
T06	EN-03-09-2-2-1-1	T18	EN-05-15-2-2-1-1
T08	EN-04-04-2-2-1-1	T19	EN-07-08-2-1-2-1
T09	EN-05-10-1-1-2-1	T20	EN-08-01-1-2-1-1
T10	EN-05-12-1-1-2-1	T21	EN-08-12-1-2-2-1
T11	EN-05-08-2-2-1-1	T22	EN-08-06-3-1-1-1

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques al azar con 18 tratamientos y 3 repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron en dos surcos de 2.0 m de largo y 0.75 m de ancho con separación entre plantas de 0.15 m (3.0 m²) 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 se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL el día 14 de junio del 2018 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 20 cm entre planta y planta.

3.4.4 Fertilización

La fórmula de fertilización que se utilizó para el experimento es de 190-100-00 de N-P-K aplicado en cinco etapas diferentes del cultivo, inyectándose por medio del Venturi al sistema de riego hasta completar la dosis total requerida para el experimento.

3.4.5 Riegos

Los riegos se realizaron en un sistema de riego presurizado por cintilla calibre 6000 con goteros cada 20 cm con un total de 10 riegos con una lámina de 63 mm y 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. Las plagas que se presentaron fueron:

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) el cual se controló con Clorpirifos etil 44% con una dosis de 0.75 L/ha y, una segunda aplicación de Metomilo (polvo) a una dosis de 200g/ha mezclado con PLATINO 375 CE a una dosis de 400-600 mL/ha.

Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) (*Aleyrodidae*), pulga saltona (*Epitrix cucumeris* Harris) para lo cual se aplicó Diazinon con una dosis de 1.5 L/ha y una segunda aplicación de Metomilo (polvo) a una dosis de 200g/ha.

El control de diabrotica (*D. virgifera zea*) y chicharrita (*Dalbulus maidis*) se realizó con la aplicación de Metomilo (polvo) a una dosis de 200g/ha. Para el control de la mosca de los estigmas (*Euxesta stigmatias*) se aplicó Imidacloprid a una dosis de 0.6 L ha⁻¹ mezclado con Clorpirifos a una dosis de 0.75 L ha⁻¹.

3.4.7 Control de malezas

Para mantener control se aplicó un herbicida pre-emergente (Primagram 370 atrazina + 290 g metolacoloro) con dosis mínima recomendada de 3.5 Lha⁻¹. Además del cultivo a los 25 días y posteriormente fue manual control.

3.4.8 Cosecha

La cosecha se realizó el 3 de noviembre de 2018 a los 142 DDS manualmente cosechando todas las mazorcas de cada parcela, separando las mazorcas de cada parcela para así realizar la toma de datos necesarios.

3.5 Características evaluadas

3.5.1.1 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)

Se tomó una muestra aleatoria de 100 g de grano de las mazorcas de cada parcela cosechada para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha con un determinador de humedad **Dickey y John**, calculando el por ciento 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} .

$$FC = \frac{10\ 000\ m^2}{APU \times 0.845 \times 1\ 000}$$

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

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

t α = Valor de tabla al 0.05

CME = Cuadro Medio del Error

r = Repetición

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza

El cuadro 4.1 muestra el análisis de varianza de 18 mestizos y dos híbridos con 10 características agronómicas evaluadas para tratamientos, se muestra diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) para FM, FF, AP, AM, LMZ, DMZ, NHI, NGI, RG y diferencia significativa ($p < 0.05$) para ACR.

Lo anterior muestra que el probador empleado fue eficaz, ya que este permitió que las líneas analizadas exhibieran las diferencias en características agronómicas y en rendimiento. Lo cual concuerda con lo dicho por Hallauer (1957) el cual menciona que para que un probador sea bueno, éste debe de ser de fácil empleo, además de proporcionar información que clasifique correctamente la habilidad de los genotipos evaluados de producir descendencia superior.

Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de 11 variables cuantificadas en 18 mestizos, un probador y un testigo comercial. UAAAN-UL 2019.

F.V	REP	TRAT	E.E	C.V	MEDIA
G.L	2	19	38		
FM (días)	4.65*	14.44**	1.33	1.85	62.6
FF (días)	4.05*	14.75**	3.24	2.82	63.85
ACR	1.31 ns	45.44*	20.68	98.51	4.61
AP (m)	0.04 ns	0.25 **	0.02	8.91	1.88
AM (m)	0.01 ns	0.1 **	0.014	11.18	1.07
LMZ (cm)	0.473 ns	9.37 **	1.2	7.121	15.42
DMZ (cm)	0.004 ns	0.33 **	0.04	4.64	4.62
NHI	0.32 ns	2.24 **	0.66	5.64	14.45
NGI	9.16 ns	46.16 **	6.93	7	37.59
RG(t ha⁻¹)	2.4*	11.27**	0.5	9.14	7.76

*, **=Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, ACR= Acame de raíz, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, LMZ= Longitud de mazorca, DMZ= Diámetro de mazorca, NHI= Número de hileras, NGI= Número de granos por hilera, RG= Rendimiento de grano.

Los coeficientes de variación estuvieron en el rango aceptable excepto para la variable acame de raíz (ACR) el cual fue de 98.51%. La magnitud de esta variable se explica porque se trata de una variable de tipo cualitativo y no se ajusta a la distribución normal que exige el análisis de varianza, (Falconer, 1996).

4.2 Valores medios

El cuadro 4.2 muestra los valores medios de 18 mestizos, del probador y del híbrido comercial. En rendimiento de grano (RG) el mestizo TL-244xEN-07-8 presentó un rendimiento promedio de 10.5 ton ha⁻¹ el cual es estadísticamente diferente a ($P \leq 0.05$) a la media general (7.8 ton ha⁻¹) y estadísticamente ($P \leq 0.05$) igual al mestizo TL-244xEN-06-10. Cabe de resaltar que este mestizo fue superior al probador (TL-244) y al híbrido comercial (ABT-8576).

Por su parte la media de floración masculina y femenina osciló entre los 62 y 61 días, lo que puede clasificar como ciclo intermedio. El mestizo con mayor rendimiento (**TL-244xEN-07-8**) es estadísticamente igual a la media general (62 y 61 días) y diferente al probador TL-244 (70 días) y al híbrido comercial (ABT-8576) con 65 días. Con respecto a los demás mestizos, el mestizo con mayor rendimiento fue estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) a 12 mestizos más. Los intervalos de días entre floración masculina y femenina de la mayoría de los mestizos fueron de un día, lo cual favorece a una mejor polinización y fecundación.

Respecto al acame de raíz ACR, los mestizos con más alto rendimiento mostraron ser susceptibles a este evento por arriba de la media general, del híbrido comercial y del probador. Lo anterior se explica porque en la etapa R4-R5 se presentó un evento meteorológico con fuertes vientos y lluvia inusual para esta región.

Con relación a la AP y AM, los mestizos exhibieron en general una media que oscila de 1.9 a 1.1 m respectivamente. El mestizo con mayor rendimiento muestra alturas de 2.2 y 1.2 m, el cual es estadísticamente diferente a la media general y estadísticamente igual a nueve mestizos más. El probador TL-244 registro alturas

(AP y AM) de 1.77 y 1.08 m, por su parte el híbrido comercial registro alturas de 1.92 y 1.20 m para AP y AM respectivamente.

La altura que expresan los mestizos se debe probablemente al efecto materno de la línea TL-244 usada como probador, lo cual era de esperarse dado que las líneas portan el gene braquítico-2 (Sarria y Muñoz, 1973) el cual es responsable de la disminución de casi la mitad la estatura de la línea debido al acortamiento y engrosamiento de los entrenudos por debajo de la mazorca superior (Kempton, 1923) y a que es genéticamente recesivo.

En lo que respecta a la LMZ, la media general de mestizos y testigos fue de 15.4 cm, de acuerdo a los resultados, diez de los mestizos se ubicaron por arriba de la media general donde se encuentran los dos mestizos con mayor rendimiento. El testigo comercial ABT-8576 mostro la mayor LMZ con 18.8 cm estadísticamente igual al mejor mestizo pero superior al probador con 14 cm.

El valor medio de NGH fue de 38, donde 11 mestizos mostraron valores iguales y superiores a 38, incluyendo al testigo ABT 8576 con 40. El mestizo TL-244 x EN-07-5 con 40.7 NGH fue estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) a los mestizos TL-244 x EN-07-12 y TL-244 x EN-02-7 con rendimientos de 8.7 y 8.4 ton ha⁻¹ respectivamente y estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al mestizo de mayor rendimiento. Por otra parte, aunque el híbrido comercial fue estadísticamente igual a los mestizos anteriores en NGH (40), no fue así en el rendimiento de grano.

En lo que respecta al DMZ la media de los 18 tratamientos, del testigo y del probador fue de 4.6 cm con el valor más alto ubicado en testigo ABT-8576 (5.2 cm) seguido por el mestizo TL-244 x EN-07-8 (5.0 cm) y el valor mínimo, se ubicó en el mestizo TL-244 x EN-04-4 (3.6 cm). Examinando los 18 mestizos se encontró que 11 fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al mestizo con mayor DMZ. Los valores altos DMZ presentes en los mestizos probablemente se deba a la influencia de las líneas braquíticas que, a la influencia del probador, ya que este presento un diámetro de 4.2 cm.

En relación al NHI, la media de los mestizos y los testigos se ubicó en 14, donde sobresale el mestizo TL-244 x EN-07-8 y el híbrido comercial (ABT-8576) con 15.7, que contrasta con el probador TL-244 el cual registro un valor de 14. El valor más alto encontrado para el factor NHI (15.7) fue estadísticamente igual a 12 mestizos y al híbrido comercial (ABT-8576).

Cuadro 4.2. Valores medios de 20 mestizos y dos híbridos comerciales evaluados en 10 variables en el verano del 2018. UAAAN UL.

MESTIZOS	FM	FF	ACR	AP	AM	LMZ	NGH	DMZ	NHI	RG
TL-244 x EN-07-8	62	64	15.0	2.17	1.24	17.4	42.1	5.0	15.7	10.5
TL-244 x EN-06-10	62	63	10.7	2.12	1.23	16.9	41.0	4.9	15.3	9.9
TL-244 x EN-07-5	63	64	9.3	2.06	1.22	16.5	40.7	4.9	15.2	9.2
TL-244 x EN-08-12	61	62	7.0	2.06	1.21	16.4	40.1	4.8	15.1	8.9
TL-244 x EN-03-13	62	63	6.3	2.04	1.20	16.3	39.9	4.8	14.9	8.8
TL-244 x EN-07-12	62	63	5.7	2.04	1.18	16.0	39.4	4.7	14.8	8.7
TL-244 x EN-02-7	61	63	5.3	2.04	1.14	16.0	39.3	4.7	14.7	8.4
TL-244 x EN-08-6	62	62	5.0	2.04	1.14	15.9	39.1	4.7	14.7	8.4
TL-244 x EN-05-8	63	65	4.3	1.97	1.11	15.7	38.6	4.7	14.5	8.3
TL-244 x EN-06-12	61	62	4.3	1.97	1.11	15.7	38.3	4.7	14.5	8.2
TL-244 x EN-08-1	63	65	4.0	1.91	1.10	15.3	37.9	4.6	14.4	7.8
TL-244 x EN-05-10	63	65	3.3	1.84	1.05	15.0	37.3	4.6	14.4	7.7
TL-244 x EN-02-4	62	64	1.7	1.81	1.04	14.8	36.6	4.6	14.1	7.6
TL-244 x EN-05-12	64	63	1.7	1.81	1.04	14.8	36.3	4.5	14.1	7.5
ABT-8576	65	65	6.3	1.92	1.20	18.8	40.1	5.2	15.7	7.5
TL-244 x EN-05-15	64	68	1.7	1.80	1.02	14.5	36.1	4.5	13.8	7.5
TL-244 x EN-03-3	62	63	0.7	1.77	0.96	14.5	35.9	4.5	13.6	7.5
TL-244 x EN-03-9	62	62	0.0	1.76	0.94	14.2	34.3	4.3	12.7	7.1
TL-244	70	10	0.0	1.77	1.08	14.0	35.3	4.2	14.3	4.6
TL-244 x EN-04-4	58	61	0.0	0.77	0.40	9.8	23.5	3.6	12.4	1.3
DMS	1.9	3.0	7.5	0.20	0.19	1.8	4.4	0.4	1.3	1.2
MEDIA GENERAL	62.6	60.8	4.6	1.88	1.08	15.4	37.6	4.6	14.4	7.8

4.3 Aptitud combinatoria general

El cuadro 4.3 muestra los datos de Aptitud Combinatoria General (ACG), en el cual, para la variable rendimiento de grano (RG) de los 18 mestizos formados, los valores de ACG positivos y significativos más altos corresponden a TL-244x EN-07-8, TL-244x EN-06-10, TL-244x EN-07-5 y TL-244x EN-08-12. Esto probablemente se debió a los valores altos y significativos de ACG de las variables LMZ, NGH, DMZ y NHI los cuales están directamente relacionados a la variable RG. Resultados similares los reporta Martínez *et al.*, (2010) en poblaciones cubanas de maíz.

Los mestizos TL-244x EN-07-8 y TL-244x EN-06-10 fueron los que mostraron los dos valores más altos de ACG para la variable de RG con un alto nivel de significancia, sin embargo, estas dos cruzas también mostraron un alto valor de ACG en la variable de ACR característica considerada negativa al momento de la selección de líneas para la formación de nuevos mestizos.

En contraste con las anteriores, el mestizo TL-244x EN-04-4 mostro valores de ACG negativos y significativos para todas las variables, excepto para ACR, lo cual nos indica que línea aportaría a su descendencia valores negativos para esas variables. Estos resultados también se pueden interpretar como una incompatibilidad genética con el probador o que corresponden al mismo grupo genético.

Cuadro.4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG) en 18 mestizos cruzados con el probador TL-244, en 10 variables evaluados en verano del 2018. UAAAN UL.

Líneas	FM	FF	ACR	AP	AM	LMZ	DMZ	NHI	NGH	RG
EN-07-8	-0.07	0.89	10.22*	0.28*	0.16*	2.07*	0.35*	1.34*	4.49*	2.59*
EN-06-10	0.26	-0.11	5.89*	0.23*	0.15*	1.58*	0.24*	0.94*	3.42*	1.96*
EN-07-5	0.93	0.89	4.56	0.18*	0.15*	1.16	0.24*	0.81	3.09*	1.27*
EN-08-12	-0.74	-1.44	2.22	0.17*	0.14*	1.07	0.21	0.68	2.49	0.90*
EN-03-13	-0.07	-0.44	1.56	0.16*	0.13*	0.93	0.15	0.54	2.36	0.81
EN-07-12	-0.07	-0.11	0.89	0.15	0.11	0.70	0.13	0.41	1.82	0.71
EN-02-7	-1.07	-0.44	0.56	0.15	0.07	0.64	0.11	0.28	1.76	0.49
EN-08-6	0.26	-1.11	0.22	0.15	0.07	0.59	0.08	0.28	1.56	0.44
EN-05-8	1.26	1.22	-0.44	0.08	0.03	0.41	0.07	0.14	1.02	0.32
EN-06-12	-1.41*	-1.44	-0.44	0.08	0.03	0.41	0.05	0.14	0.69	0.26
EN-08-1	0.59	1.22	-0.78	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.29	-0.16
EN-05-10	0.59	1.22	-1.44	-0.05	-0.03	-0.28	0.01	0.01	-0.24	-0.26
EN-02-4	0.26	0.56	-3.11	-0.08	-0.03	-0.49	-0.05	-0.26	-0.98	-0.36
EN-05-12	1.59*	-0.44	-3.11	-0.08	-0.03	-0.50	-0.07	-0.26	-1.24	-0.45
EN-05-15	1.93*	4.89*	-3.11	-0.09	-0.05	-0.82	-0.11	-0.59	-1.44	-0.46
EN-03-3	-0.41	-0.78	-4.11	-0.12	-0.11	-0.83	-0.11	-0.79	-1.71	-0.50
EN-03-9	-0.07	-1.78	-4.78	-0.13	-0.14	-1.17	-0.28*	-1.72*	-3.24*	-0.90*
EN-04-4	-3.74*	-2.78*	-4.78	-1.12*	-0.67*	-5.51*	-1.05*	-1.99*	-14.11*	-6.67*
DMS (0.05)	1.3	2.1	5.3	0.16	0.13	1.27	0.23	0.94	3.07	0.82

* Valores estadísticamente diferentes de cero.

V. CONCLUSIONES

- Los mestizos fueron diferentes para las diez variables evaluadas.
- Los mestizos TL-244xEN-07-8 y TL-244x EN-06-10 mostraron significativamente los mejores rendimientos de grano con 10.5 y 9.9 t ha⁻¹.
- Se identificaron las líneas EN-07-8, EN-06-10, EN-07-5 y EN-08-12 con valores altos y significativos de ACG para rendimiento de grano (RG).
- Se concluye que el uso del probador TL-244 fue eficiente para discriminación de las líneas evaluadas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguiluz A. 1998. "Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano y amarillo en ambientes de Centroamérica, Panamá y el Caribe en 1996", *Agronomía mesoamericana* 9, 28-27.
- Allison, J. C. S., and R. N. Curnow. 1966. On the choice of tester parent for the breeding of synthetic varieties of maize (*Zea mays* L). *Crop Sci.* 6: 541–544.
- Anderson, J.C.; Chaw, P.N. 1973. Phenotype and grain yield associated with brachytic-2 gene in single cross hybrids of dent corn. *Crop Sd.* (Estados Unidos) no.3, p. 111-113.
- Bernardo, R. 2001. Breeding potential of intra-and inter heterotic group crosses in maize. *Crop Sci.* 41(1):68-71.
- CIMMYT. 1997. The genetics and exploitation of heterosis in crops: an international symposium. The genetics and exploitation of heterosis in crops: an international symposium.; (Mexico City, Mexico; 17-22 August,1997). 354 pages. Mexico.
- Cook, OF, 1915. Brachysm, deformidad hereditaria de algodón y otras plantas. *J. Agric. Res.* 3,387–400.
<https://www.biodiversitylibrary.org/item/33941#page/535/mode/1up>.
- Emerson, RA, 1912. La herencia de ciertas "anormalidades" en maíz. *Ann. Rpt. Amer. Breeder's Assoc.* 8,385–399. <https://doi.org/10.1093/jhered/os-8.1.385>.
- Davis, R.L. 1927. Report of the plant breeder. *Rep. Puerto Rico Agric. Exp. Stn. P.* 14-15.
- Eberhart, S.A., Salhuana, W., Sevilla, R. & Taba, S. 1995. Principles for tropical maize breeding. *Maydica*, 40: 339-355

- Emerson, R.A., 1912. The inheritance of certain "abnormalities" in maize. Ann. Rpt. Amer. Breeder's Assoc. 8, 385-399.
- Falconer D S. 1996. Introducción a la Genética Cuantitativa. 4a ed. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. 469 p.
- Falconer, D. S. 1972. Introducción a la Genética Cuantitativa. C.E.C.S.A. Mexico, D.F.430.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian. J. Biol. Sci. 9:463-493.
- Gutiérrez del R., E., A. Palomo G., A. Espinoza B. y E. De la Cruz L. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. Revista Fitotecnia Mexicana 25: 271-277.
- Gutiérrez del R., E., Espinoza B., A., Palomo G., A., Lozano G., J.J., Antuna G, O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. Revista Fitotecnia Mexicana. 27 (Núm. Especial 1):7-11.
- Hallauer, A.R. 1975. Proc Annu. Corn Sorghum Res. Conf. 30:150-165.
- Hallauer. A. R. and López-Pérez. 1979. Comparisons among testers for evaluating lines of corn. Reprinted from Thirth-Fpourth Annual Corn and Sorghum Research Conference. Journal of The Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station, Ames, IA 50011.
- Hartley, C.P., 1902. Improvement of corn by selection. In: U.S. Dept. Agr. Yearbook, pp. 539-552.
- Hull, H.P. 1945. Recurrent selection for specific combining ability in corn. J. Am. Soc. Agron. 37:134-145.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 16059.
- Kempthorne, O. 1957. "An introduction to genetic statistics."

- Kempton, J.H., 1921. A brachytic variation in maize. In: U.S. Dept. Ag. Bulletin. 925, pp.
- Kempton, D.H. 1923. Inheritance of dwarfing in maize. Journal of Agr. (Estados Unidos) no. 25, p. 295-321. 1.923.
- Lorenz, A. J.; Coors, J. G.; de Leon, N.; Wolfrum, E. J.; Hames, B. R.; Sluiter, A. D. and Weimer, P. J. 2009. Characterization, genetic variation, and combining ability of maize traits relevant to the production of cellulosic ethanol. Crop Sci. 49(1):85-98.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos, Teoría y Resultados. Tomo II. AGT editor S. A., México, D.F.756 p.
- Martínez, M, Ortiz, R, Ríos, H. and Acosta, Rosa. 2010. Análisis de las correlaciones en poblaciones cubanas de maíz. Cultivos Tropicales, 31(2), 00. Recuperado en 16 de diciembre de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S02585936201000200011&lng=es&tng=es.
- Matzinger, D.F. 1953. Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. Agron. J. 45:493-495.
- Menz, M. A.; Hallauer, A. R. and Russell, W. A. 1999. Comparative response of two reciprocal recurrent selection methods in BS21 and BS22 maize populations. Crop Sci. 39(1):89-97.
- Multani, D.S., Briggs, S.P. Chamberlin, M.A., Blakeslee, J.J., Murphy, A.S, Johal, G.S., 2003. Loss of an MDR transporter in compact stalks of maize br1 and sorghum dw3 mutants. Science 302, 81-84.
- Par. J. R. J. D. Molina, G. y L. Bucio A. 1973. Variedades de bajo contra variedades de alto rendimiento como probadores para medir la aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. Agrociencia 11 :43- 55.

- Pfarr, D. G. and Lamkey, K. R. 1992. Comparisons of methods for identifying populations for genetic improvement of maize hybrids. *Crop Sci.* 32(3):670-677.
- Ramírez D.J.L., J. Ron P., J. Sánchez., A. García y J. Maya. 1998. Aptitud combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos e maíz. *Agronomía Mesoamericana.*9 (2) :69-76.
- Rawlings, J. O., and D. L. Thompson. 1962. Performance level as criterion for the choice of maize testers. *Crop Sci.* 2: 217–220.
- Reta S D G, A Gaytán M, J S Carrillo A. 1998. Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. *Ciencia Agropec. FAUNAL* 8:11-16.
- Reyes M., C. A., y J. D. Molina G. 1982. Probadores de alto y bajo rendimiento para aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. *Agrociencia* 47: 117–130.
- Russell, W. A.; Blackburn, D. J. and Lamkey, K. R. 1992. Evaluation of modified reciprocal recurrent selection procedure for maize improvement. *Maydica* 37(1):61-67.
- Sámano G.D., F. Rincón S., N.A. Ruiz T., J. Espinoza V. y H. De León C. 2009. Efectos genéticos en cruzas directas y recíprocas formadas a partir de líneas de dos grupos germoplásmaticos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 32 (1):67-74.
- Sarria V., O.; Muñoz G., S. 1973. Resultados preliminares de conversión de maíces normales en braquíticos. V Reunión de Maiceros de la Zona Andina, Cochabamba, Bolivia. p. 273-277.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Planeación agrícola nacional 2017-2030 (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf).

- Singh, R.; Chaudhary, B. 1985. Biometrical techniques in genetics and breeding. International Bioscience Publishers Hissar. India. p. 205-214.
- Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP-SAGARPA). 2005. Fichas por Estado. Avances reportados de siembras y cosechas, superficie sembrada y cosechada, rendimientos y producción. (www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comfichedos.html;14 noviembre, 2005).
- Soto-León, N. y M. Roberto-Fuentes 1990. "Estimación de aptitud combinatoria de líneas endogámicas y predicción de Híbridos de Maíz de alta calidad de proteína, Guatemala, 1988. "Agronomía Mesoamericana. Vol. 1.: 31-34.
- Sprague, G.F., and L.A. Tatum. 1942. General vs Combining Ability in Single Crosses of Corn. *Agronomy*, 34:923-932.
- 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.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 486p.
- 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*