

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Estimación de Efectos Genéticos de 7 Líneas a Través de Cruzas Directas y Recíprocas en Maíz Tropical

Por

JUAN MENDOZA NERI

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Estimación de Efectos Genéticos de 7 Líneas a Través de Cruzas Directas y
Recíprocas en Maíz Tropical

Por:

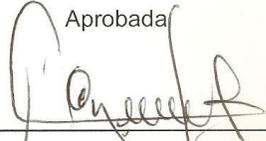
JUAN MENDOZA NERI

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada



M. C. Arnoldo Oyervides García

Asesor Principal



Dr. Humberto De León Castillo

Coasesor



Ing. Gustavo Alfonso Burciaga Vera

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

División de Agronomía
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2014

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada agradecer a dios por brindarme la oportunidad de vivir esta experiencia y lograr postrarme en el primer escalón de los tantos que me he propuesto en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UAAAN por haberme abierto sus puertas y brindarme todo el apoyo necesario para poder adquirir un poco de los conocimientos que se imparten en ella.

A mis asesores de este proyecto, el M. C Arnoldo Oyervides, Dr. Humberto de León y Cirilo Cahuare quiénes me dieron la oportunidad de trabajar con ellos y quienes me brindaron el tiempo necesario para la realización de este proyecto así como también la gran cantidad de conocimientos y enseñanzas que me compartieron.

A mis compañeros y amigos de generación Omar, Luisa, Memo, Rodrigo y José por brindarme todo su apoyo y comprensión y permitirme vivir momentos especiales que quedaran plasmados en los recuerdos de mi memoria.

A mis compañeros de cuarto Omar, Néstor Lisandro y Carlos quienes me brindaron su amistad y con su apoyo y compañía me ayudaron a ahuyentar momentos de tristeza y soledad.

DEDICATORIA

A mi madre Gloria Neri Jiménez por demostrarme su gran valor al sacarme adelante y comportarse como toda una excelente madre y padre para mí, por todo el amor y apoyo que me brindó durante toda la carrera convirtiéndose en una pieza clave para poder concluirla.

A mi hermana Laura Mendoza Neri quien con el tiempo se convirtió en una segunda madre para mí, la mejor amiga y un ejemplo a seguir, que me brindó su apoyo incondicional y estuvo en todo momento que la necesité.

A mi papá Juan Mendoza Omaña que aunque ya no se encuentra conmigo siempre estuvo presente a lo largo de mi carrera.

A mi sobrino Octavio Zúñiga Mendoza que a su corta vida me ha llenado de momentos llenos de felicidad y se ha convertido en motivación pura para seguir adelante.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Aptitud Combinatoria	4
Heterosis.....	6
Valor genético.....	8
Patrones heteróticos.....	9
Cruzas dialélicas	10
Efectos recíprocos	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
Material genético	15
Ubicación y descripción de la localidad.....	16
Diseño experimental	17
Siembra.....	17
Manejo del cultivo.....	18
Variables evaluadas.....	18
Análisis de la información	20
Diseños de Griffing.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
V. CONCLUSIONES	42
VI. RESUMEN	44
VII. LITERATURA CITADA	46

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es una gramínea que se produce a nivel mundial, debido a su alto grado de adaptabilidad se cultiva en alrededor de 113 países y su uso es destinado principalmente para la alimentación humana, animal y uso industrial, formando parte de insumos para la elaboración de aceites, jabones, barnices entre otros. En México es el principal cultivo que se siembra debido a que es una ingesta diaria de la población, consumiendo alrededor de 30 millones de toneladas anualmente de las cuales aproximadamente 20 millones son producidas nacionalmente presentando con ello un déficit de 10 millones de toneladas que se satisface con la importación del grano de otros países principalmente de E.U., cabe mencionar que este gasto es destinado solo al consumo humano. La falta de la utilización de semilla mejorada es una de las causas del déficit de producción debido a que en México cerca del 57.5% de la semilla sembrada corresponde a variedades criollas adaptadas a una determinada región y el resto a semillas mejoradas.

El rendimiento del grano de maíz (*Zea mays L.*) se ha incrementado por la mejora de prácticas de cultivo y por el mejoramiento genético, a partir del cual se ha obtenido variedades de polinización libre e híbridos de alto rendimiento, es un hecho bien conocido que uno de los mejores avances en la agricultura moderna, vino con el descubrimiento de la heterosis, así como también, la

identificación de combinaciones híbridaspotencialmente superioresentre líneas no consanguíneas con las cuales se puede lograr aumentar la productividad y producción del grano.El aspecto práctico del mejoramiento genético por hibridación del maíz está basado en el desarrollo y selección de líneas endogámicas que presenten la mayor aptitud combinatoria general y específica para formar híbridos de alto rendimiento para grano y forraje, además de otros atributos agronómicos, una de las maneras para estimar esta aptitud combinatoria es con un diseño dialélico que al hacer todos los cruzamientos posibles entre progenitores resulta un métodoeficaz, para estimar la ACG y ACE.

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de valorar el potencial genético de un grupo de líneas que pertenecen al programa de mejoramiento para la región tropical, a través de combinaciones híbridas directas y recíprocas planteando los siguientes objetivos:

Objetivos

- Estimar el potencial genético de líneas endogámicas y cruzas, además de seleccionar las mejores del programa en base a su aptitud combinatoria general y específica.
- Estimar los efectosrecíprocos para conocer la influencia que tienen los progenitores al invertir su uso.

Hipótesis

- De acuerdo a la evaluación de su progenie al menos una de las líneas presentará buena aptitud combinatoria general y/o específica.
- De acuerdo a la evaluación al menos uno de los cruzamientos será superior al resto de los cruzamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Aptitud Combinatoria

De la Vega y Chapman (2006) mencionan que las estimaciones de la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) ayudan a los mejoradores a generar mejores estrategias de mejoramiento y selección, además mencionan que los modelos AMMI y SREG2 son métodos que permiten identificar las líneas con la más alta ACG así como también identifica a los principales patrones de acuerdo a su ACE en los distintos ambientes que componen un programa de mejoramiento.

Reyes *et al.* (2004) mencionan que para alcanzar el máximo rendimiento de una cruce simple los dos progenitores deben tener una alta ACG así como también el efecto de la ACE debe ser alto y por lo contrario si los progenitores de una cruce simple son de baja ACG y su efecto de ACE también es bajo el rendimiento de esta también será bajo.

De la Rosa *et al.* (2000) mencionan que el conocimiento de la habilidad combinatoria, diversidad genética y heterosis del germoplasma de un programa de mejoramiento es esencial para identificar líneas prometedoras y con ello

desarrollar híbridos y variedades, también señalan que de las mejores cruzas en poblaciones F_2 se pueden derivar líneas con buen comportamiento.

Guerrero *et al.*(2012) mencionan que la aptitud combinatoria debe ser evaluada en varios individuos y no solo en uno para poder hacer selección de los que presenten los mayores valores, también señalan que cuando se incrementa la diversidad genética de los progenitores también aumentan los valores de aptitud combinatoria general y específica.

Preciado *et al.*(2005) mencionan que cuándo existen efectos mayores de aptitud combinatoria general entre cruzamientos, es recomendable explotar la varianza genética aditiva por cualquier método de selección recurrente. Por otro lado cuando se detectan mayores efectos de aptitud combinatoria específica es recomendable llevar a cabo un programa de hibridación o selección recurrente recíproca.

Hoegenmeyer y Hallauer (1976) señalan que la aptitud combinatoria específica es más importante que la aptitud combinatoria general 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 epítasis.

Bolaño *et al.* (2008) mencionan que la evaluación *per se* de las líneas no es suficiente para conocer su valor genético, si no que se requiere analizar su comportamiento en combinaciones híbridas estimando su aptitud combinatoria general y su aptitud combinatoria específica. Es necesario discriminar las líneas que componen un programa de mejoramiento con base a su ACG, ACE y su comportamiento *per se* desde el punto de vista de su rendimiento, adaptación y producción de semilla (Sierra *et al.*, 2000).

Heterosis

Drinicet *al.* (2012) definen a la heterosis como la superioridad del híbrido con respecto al promedio de sus padres, además de que se relaciona con la divergencia genética de sus progenitores y que aunque ha sido ampliamente explotada y con un sinnúmero de investigaciones, su base genética no se entiende totalmente, sin embargo el interés de los mejoradores es identificar los factores genéticos que contribuyen a la heterosis, así como también un método adecuado que pueda predecir la heterosis con alguna precisión antes de la evaluación de campo de prueba de híbridos.

Gaytán y Mayek (2010) mencionan que cuando se aumenta la heterosis aumenta el rendimiento de las cruzas, en cambio cuando se aumenta el rendimiento de los progenitores la heterosis disminuye. La identificación de los

progenitores que produzcan los mejores híbridos potenciales es esencial para el desarrollo de híbridos con altos rendimientos y que cuando estos han expresado al máximo su rendimiento y se desea explotar nuevamente la heterosis en su progenie es necesario la incorporación de nuevos genes favorables de otros progenitores.

De la Cruzet *et al.* (2003) menciona que la heterosis y el potencial de rendimiento son mayores cuando se cruzan materiales exóticos con adaptados a un determinado ambiente, que cuando se cruzan entre exóticos o entre adaptados.

Tollenaaret *et al.* (2004) mencionan que existen cuatro mecanismos fisiológicos que están asociados con la heterosis en cuanto al rendimiento de grano en maíz los cuales son; el índice de área foliar o intercepción de luz debido al tamaño de la hoja, duración d área foliar, fotosíntesis, y la distribución de materia seca (índice de cosecha).

De la Rosa *et al.* (2000) los híbridos que forman las cruzas con mayor heterosis se pueden usar en un programa de mejoramiento de líneas formadoras de cruzas simples aprovechando el patrón heterótico de estos (selección gamética y pedigrí).

Valor genético

En términos de análisis genético, los valores genéticos son variables aleatorias no observables que deben ser obtenidas a partir de los valores fenotípicos, que son las características observables de interés. La predicción de valores genéticos depende de las estimaciones de componentes de varianza, los cuales deben ser calculados con la mayor precisión posible (Mora y Scapim, 2007).

Para la estimación de los efectos fijos y la obtención de valores genéticos predichos, se deben conocer y estimar con exactitud los componentes de varianza (Mora *et al.*, 2007).

La selección de los valores genéticos predichos a partir de marcadores podría aumentar satisfactoriamente la tasa de ganancia genética en animales y plantas, especialmente si se combinan con las técnicas de reproducción para acortar el intervalo de generación. La disponibilidad de miles de marcadores moleculares en todo el genoma ha hecho posible el uso de la selección genómica (GS) para la predicción de los valores genéticos (Meuwissen *et al.*, 2001).

Patrones heteróticos

Malacarne y San Vicente (2003) mencionan que las líneas que presenten una buena ACE con determinados probadores pueden generar patrones heteróticos, los cuales pueden ser utilizados como fuente de germoplasma para generar híbridos con buen potencial de rendimiento.

La evaluación de los patrones heteróticos de una determinada región es una buena práctica para seleccionar un buen patrón heterótico que genere híbridos con buen potencial de rendimiento para dicha región (De León *et al.*, 1999).

Los patrones heteróticos pueden ser identificados en base a los cruzamientos de líneas provenientes de diversas fuentes, permitiendo la formación de híbridos superiores que explotan y capitalizan al máximo la heterosis (Terronet *et al.*, 1997).

De León *et al.* (2002) mencionan que la selección recíproca recurrente es un método que permite mejorar un patrón heterótico pero para mejorarlo plantean una modificación a dicho método la cual consiste en utilizar progenitores con cierto grado de endogamia proporcionando con ello las

ventajas de que los progenitores de las familias a evaluar porten atributos genéticos mejores que las líneas S_0 , así como también obtener mayor cantidad de semilla por familia y por último en el transcurso de la evaluación identificar híbridos con alto potencial de rendimiento.

Los cruzamientos dialélicos brindan información muy valiosa para definir patrones heteróticos, los cuales constituyen una fuente de germoplasma para la generación de líneas elite o probadores que son de gran utilidad en un programa de mejoramiento (Gonzales *et al.*, 1996).

Cruzas dialélicas

Se denominan cruzas dialélicas a las cruzas simples que pueden lograrse entre los miembros de un conjunto básico de líneas progenitoras en cambio los experimentos dialélicos son aquellos que ensayan un cierto conjunto de cruzas dialélicas (Martínez, 1988).

Griffing (1956) menciona que las cruzas dialélicas difieren dependiendo si se incluyen los progenitores, solo las cruzas F_1 y/o las recíprocas, con estas bases clasificó cuatro métodos posibles:

Método 1: este método comprende las p autofecundaciones, un grupo de cruzas F_1 y las cruzas recíprocas de las F_1 en total, p^2 cruzas diferentes.

Método 2: Comprende las p autofecundaciones y un solo conjunto de cruzas F_1 , en total se ensayan $p(p+1)/2$ cruzas.

Método 3: se ensayan un conjunto de cruzas F_1 y sus recíprocas, pero no se incluyen las autofecundaciones. Se ensayan en total $p(p-1)$ cruzas diferentes.

Método 4: Comprende solamente un grupo de cruzas F_1 , con un total de $p(p-1)/2$ cruzas.

Guillen *et al.* (2009) mencionan que la estimación de la aptitud combinatoria es una herramienta esencial que le permite al mejorador seleccionar a los mejores individuos así como también detectar las mejores combinaciones específicas entre los mismos y que una de las herramientas que permite estimar los valores genéticos de una población son los cruzamientos dialélicos y por ello se pueden generar líneas elite y patrones heteróticos.

Los métodos de Griffing son útiles cuando se presentan un número pequeño de líneas en cambio cuando son un número grande no resulta muy manejable y una de las alternativas para analizar un diseño dialélico en el cual se presenta un gran número de líneas es emplear los diseños parciales de cruzas dialélicas los cuales ensayan un subconjunto total de cruzas que es posible formar entre los progenitores básicos (Montesinos *et al.*, 2009).

Castañonet *al.*(2005) realizaron una comparación en la evaluación de los diseños dialélicos de la forma manual y la utilización de un macro en SAS-IML en el cual menciona que el macro es un método muy eficiente para analizar los datos de un diseño dialélico con los métodos II y IV de Griffing ya que brinda los datos de una forma confiable teniendo como ventaja la evaluación en dos o más localidades, estimando los efectos y varianzas de ACG, ACE así como parámetros genéticos, teniendo como desventaja que solo procesa una variable en cada corrida y si existen más se tendrá que realizar modificaciones al programa.

Efectos recíprocos

Ávila *et al.*(2009) menciona que los efectos recíprocos se presentan cuando la cruce (i, j) difiere en su comportamiento de su cruce inversa (j, i) .

Zhang y Kang(1997) diseñaron un programa para SAS llamado SAS-DIALLEL que divide los efectos recíprocos en efectos maternos y no maternos y con esto permite conocer si factores maternos o extranucleares están involucrados en la expresión de un carácter, además analiza los cuatro métodos dialélicos de Griffing (1956) involucrando más de un ambiente y/o año de evaluación.

Cervantes *et al.*(2011) realizaron un estudio donde demuestran que los efectos maternos se presentan con mayor grado en generaciones F1 que en F2 ya que encontraron diferencias significativas en la F1 para las variables altura de plántula, pesos seco de la parte aérea e índices de vigor, sin embargo en la F2 ya no fueron afectados por el progenitor femenino.

Mas *et al.* (2001) mencionan que cuando existe cruzamientos de materiales exóticos por adaptados, los materiales exóticos tienden a tener un mejor comportamiento en cuanto a producción de mazorcas cuando se utilizan como progenitor hembra que cuando se utilizan como macho, estos resultados difieren de Pollaket *al.* (1991) quienes encontraron que la producción de mazorca es menor cuando se utilizaba como hembra el material exótico, esta contradicción puede ser reflejo de la variabilidad en los genes extranucleares o puede deberse a diferencias en el ambiente materno.

Pineleit y Egli (1983) mencionan que los efectos recíprocos considerando efectos maternos tienen una influencia en el periodo de llenado de grano y consideran a este como un factor muy importante para el rendimiento en maíz.

La variación en el fenotipo de un individuo puede ser determinado no solo por el genotipo y el ambiente del individuo, sino también por efectos

maternos, es decir la contribución de la madre al fenotipo de su progenie. Los efectos maternos en el fenotipo de la progenie pueden ser causados por diferencias genéticas y/o ambientales entre madres.

Los efectos maternos citoplasmáticos se refieren a la dotación citoplasmática que el ovulo recibe de células adyacentes el cual puede tener un efecto al fenotipo del individuo que se desarrolle a partir de ese ovulo. Por otra parte, este tipo de efecto se deriva del hecho de que organeloscitoplasmáticos como plásmidos y mitocondrias pueden ser directamente transferidos de la madre a la progenie por medio del ovulo durante su desarrollo, y esta transmisión se da de manera independiente de los genes nucleares.

Funciones metabólicas son llevadas a cabo por productos de genes contenidos en organelos citoplasmáticos, por lo que diferencias entre linajes de estos organelos pueden tener efecto en la variación en la expresión de ciertos rasgos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

En este trabajo se utilizaron 7 líneas endogámicas pertenecientes al programa de mejoramiento tropical del IMM.

Cuadro 3.1. Líneas utilizadas como progenitores en el cruzamiento dialélico.

Línea	Nombre
1	O112
2	O115
3	O116
4	O117
5	O122
6	O308
7	O411

La formación de las cruza simples, se llevó a cabo en el ciclo de riego del año 2012-2011 en el Instituto Tecnológico de la localidad de Úrsulo Galván del mismo municipio, perteneciente al estado de Veracruz.

Las líneas fueron sembradas en un arreglo de padres apareados para facilitar la polinización.

Los cruzamientos de las líneas se llevaron a cabo en forma directa y recíproca, con la finalidad de estimar los efectos recíprocos, que en ellos incluye efectos maternos y no maternos.

Para la evaluación de las cruzas simples resultantes, se sembraron en el ciclo primavera-verano de 2011, en la zona de interés para la generación de híbridos de buen comportamiento con las líneas utilizadas en esta investigación.

Ubicación y descripción de la localidad

El municipio de Úrsulo Galván se encuentra ubicado en la zona centro del Estado de Veracruz en la región llamada del Sotavento, es uno de los 212 municipios de la entidad. Está ubicado en las coordenadas 19°24" latitud norte y 96°22" longitud oeste, y cuenta con una altura de 20 msnm. Recibe su nombre en honor a Úrsulo Galván Reyes, luchador agrario originario de Actopan, Veracruz.

El municipio lo conforman 37 localidades en las cuales habitan 26,909 personas, es un municipio categorizado como semiurbano.

Úrsulo Galván tiene un clima regularmente cálido tropical y con abundantes lluvias en verano y algunas más en otoño. La Región se dedica a la Pesca, al Campo y a la industria Azucarera.

Límites municipales.

Tiene límites administrativos con los siguientes municipios y/o accidentes geográficos, según su ubicación:

Norte; Por Actopan, al Sur por La Antigua y Puente Nacional, al Este: Golfo de México y al Oeste: Actopan y Puente Nacional.

Diseño experimental

El establecimiento de los experimentos se llevó a cabo bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental consistió en dos surcos de 4.62 m, donde se sembraron dos semillas por mata, con una distancia entre ellas de 22 cm, generando con ello 21 matas con dos plantas por surco para después aclarar y dejar una planta cada 21 cm de largo, la distancia entre surco y surco fue de 0.85 m.

Siembra

La fecha de siembra de la localidad se llevó a cabo en junio del 2011.

Manejo del cultivo

Preparación del terreno: Se realizó el desvare o chapeo de la maleza y cultivo anterior, barbecho, dos pasos de rastra y surcado del terreno.

Fertilización: La dosis de fertilización que se utilizó fue 130-100-20, aplicando la mitad del N, todo el P y K en la siembra y el resto del N en el primer cultivo que fue al mes del experimento establecido.

Control de malezas: Se controlaron tanto las malezas de hoja ancha como angosta, con herbicidas de pre-emergencia como post-emergentes.

Control de plagas: Las plagas que se controlaron fueron chicharritas (*Dalbulus maidis*), gusanos; cogollero (*Spodoptera frugiperda*), trozador (*Agrotis ipsilon*), elotero (*Heliothis zea*) y barrenador del tallo (*Diatraea lineolata*), con los productos químicos correspondientes de insecticidas y herbicidas, comerciales en la zona.

Cosecha: esta se realizó manualmente en el mes de noviembre del 2011.

Variables evaluadas

Altura de planta. Se refiere a la distancia que existe entre la parte superior del surco a la base de la espiga, expresada en centímetros.

Altura de mazorca. Se refiere a la distancia que existe entre la parte superior del surco hasta en nudo de inserción con la mazorca.

Acame de raíz. Se refiere al número de tallos inclinados en más de 30° expresado en porcentaje.

Acame de tallos. Se refiere al número de tallos quebrados expresado en porcentaje.

Floración masculina. Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las plantas de la parcela expresaban un 50 por ciento de antesis.

Floración femenina. Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las plantas de la parcela expresaban un 50 por ciento de estigmas.

Mazorcas podridas. Se consideraron mazorcas podridas aquellas mazorcas que tuvieron más de un 10 por ciento de granos podridos en función del número total de mazorcas, expresado en porcentaje.

Número de plantas cosechadas. Total de plantas cosechadas de la parcela útil.

Número de mazorcas cosechadas. Total de las mazorcas cosechadas de la parcela útil.

Peso de campo. Corresponde al peso de las mazorcas cosechadas en cada parcela, al momento de la cosecha y esta expresada en kilogramos.

Análisis de la información

Los 42 genotipos evaluados fueron analizados bajo un diseño de bloques completamente al azar con el programa de SAS versión 9.1.

El sistema de apareamiento practicado siguiendo el modelo 3 de Griffing, permitió generar cruzas directas y reciprocas a partir de p progenitores, originando $p(p-1)$ genotipos diferentes.

Diseños de Griffing

El sistema de apareamiento practicado siguiendo el método 3 de Griffing permitió generar cruzas directas y reciprocas a partir de p progenitores originando $p(p-1)$ genotipos diferentes. El modelo genético utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + m_i - m_j + r_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijk} es el valor fenotípico observado de la craza (i,j) en el bloque k ; μ = efecto de la media general; g_i = efecto de la aptitud combinatoria general de progenitor i ; g_j = efecto de la aptitud combinatoria del progenitor j ; s_{ij} = efecto de la aptitud combinatoria especifica de la craza (i,j) ; m_i = efecto materno del progenitor i ; m_j = efecto materno del progenitor j ; r_{ij} = efecto reciproco de la craza (i,j) y e_{ijk} = error experimental.

La estructura del análisis genético combinado del diseño 3 de Griffing se presenta en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Estructura del análisis dialélico del método 3 de Griffing.

fuentes de variación	g. l.
Bloques	$r-1$
Cruzas	$p^2 - p - 1$
ACG	$p - 1$
ACE	$p(p-3)/2$
ER	$p(p-1)/2$
MAT	$p - 1$
NMAT	$(p-1)(p-2)/2$
Error	

g.l.= grados de libertad; ACG aptitud combinatoria general; ACE aptitud combinatoria específica; EF= efectos recíprocos; MAT= efectos maternos; NMAT= efectos no maternos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de varianza se encuentran concentrados en el cuadro 4.1, donde se detectaron diferencias significativas tanto en repeticiones como en cruzas. En cruzas, las variables de REN y ALMA presentaron una significancia de ($P \leq 0.05$) mientras que en la variable FUS mostró ser altamente significativa ($P \leq 0.01$) lo que indica que en estas variables al menos una de las cruzas es diferente a las demás. En repeticiones las variables PUD y ALMA fueron las que presentaron una alta significancia ($P \leq 0.01$) y ALPA una significancia del ($P \leq 0.05$) esto indica que las repeticiones fueron afectadas por factores ambientales y este efecto se reduce del error y hace eficiente el diseño.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza general para cada una de las variables.

F.V.	g.l.	REN	ACMR	ACMT	PRO	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
REP	1	3668.21	0.15	29.97	1.10	48.00 **	119.73	1.71	3.86	874.30 *	624.30 **
CRUZAS	41	946128.06 *	1.88	10.21	117.27	10.43	146.23 **	1.29	2.19	299.07	194.98 *
ERROR	41	561010.17	2.02	10.61	85.11	8.32	78.46	0.96	1.66	208.05	120.81
TOTAL	83										
MEDIA		5437.84	0.79	5.25	100.57	3.39	24.58	54.31	56.31	211.82	112.87
CV		13.77396	179.72	62.02	9.17	85.11	36.03	1.80	2.29	6.81	9.74

*,**= Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, C.V.= coeficiente de variación F. V.= Fuente de Variación, g.l.= grados de libertad, REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

Los coeficientes de variación presentan un valor alto en las variables ACMR, ACMT, PUD y FUS ya que se trabajaron con valores representados en porcentaje y no estandarizados pero los datos siguen siendo confiables como criterio de selección. Las variables restantes muestran un coeficiente de variación bajos lo cual brinda la confianza de que los experimentos en campo fueron bien conducidos.

De acuerdo al cuadro de medias, la diferencia entre las cruzas fue mínima, sin embargo las cruzas sobresalientes fueron; 0116 x 0411, 0122 x 01411, 0117 x 0122 ya que presentaron los más altos valores (cuadro 4.2).

Más del 50 por ciento de las cruzas tienen valores bajos iguales a cero en la variable acame de raíz esto indica que las líneas evaluadas no presentan problemas de esta índole. Las cruzas que presentaron el valor más bajo en acame de tallo fueron; 0122 x 0411 y 0112 x 0117.

Las cruzas donde se presentó mayor prolificidad fueron en 0115 x 0411, 0112 x 0117 y 0115 x 0117 sin embargo ninguna de estas tiene el mayor rendimiento lo cual permite conocer que producen una alta cantidad de mazorcas pero sin aporte significativo en rendimiento. En lo que corresponde a variable pudrición de mazorca se presentaron porcentajes bajos en la mayoría de las cruzas, sin embargo las cruzas; 0308 x 0122, 0117 x 0411 y 0308 x 0112 presentaron los valores más altos en esta variable.

Las cruzas que presentaron menores valores de % de fusarium fueron 0112 x 0117 y las que presentaron mayor porcentaje fueron 0122 x 0115 y 0411 x 0115, la línea 0115 tiene participación en la mayoría de las cruzas con alto % de fusarium con lo cual podemos decir que dicha línea presenta problemas con este hongo.

En los días a floración macho existió variación de 4 días resultado la cruza 0112 x 0122 la más tardía y la 0308 x 0411 la más precoz y en cuanto a los días a floración hembra el rango se amplió a 6 días siendo las mismas cruzas las más precoces y tardías.

En la variable altura de planta las cruzas que presentaron las progenies más bajas que son las de interés fueron 0122 x 0115 y 0411 x 0115. En altura de mazorca la que presentó los valores más bajos fue la cruza 0122 x 0117, la línea 0117 es participe en las cruzas que presentan menos altura mazorca con lo que podría decir que aporta la característica de altura de mazorca baja. Cabe mencionar que se describieron todas las variables incluyendo las que no mostraron significancia estadística pero existe una diferencia numérica entre ellas.

De acuerdo al cuadro de medias podemos señalar que la cruza 0112 x 0117 tiene las mejores características en base a sanidad ya que presenta los valores más bajos en las variables de pudrición de mazorca y fusarium además de que también es la que presenta menor acame de raíz.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de las cruzas para de cada una de las variables.

REN		ACMR		ACMT		PRO		PUD	
Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media
0116 x0411	6662.21	0112 x0115	0	0112 x0117	1.14	0115 x0411	112.08	0112 x0117	0.00
0122 x0411	6475.19	0112 x0116	0	0122 x0411	1.14	0112 x0117	110.56	0116 x0117	0.00
0117 x0122	6343.90	0112 x0122	0	0117 x0116	1.16	0117 x0116	110.47	0117 x0112	0.00
0112 x0122	6276.27	0112 x0308	0	0115 x0122	2.27	0115 x0116	109.52	0117 x0115	0.00
0112 x0116	6144.98	0112 x0411	0	0308 x0117	2.33	0117 x0122	109.52	0122 x0112	0.00
0308 x0411	6085.28	0115 x0112	0	0117 x0411	2.35	0411 x0116	107.28	0122 x0117	0.00
0115 x0122	6041.46	0115 x0117	0	0116 x0117	2.38	0115 x0308	107.26	0411 x0122	0.00
0112 x0411	5983.36	0115 x0411	0	0411 x0308	3.41	0117 x0115	107.14	0411 x0117	1.14
0117 x0411	5965.89	0116 x0112	0	0122 x0116	3.49	0115 x0117	107.08	0112 x0122	1.16
0112 x0117	5902.23	0116 x0115	0	0117 x0122	3.57	0115 x0122	106.93	0122 x0116	1.32
0117 x0115	5898.26	0116 x0117	0	0122 x0117	3.57	0117 x0308	106.16	0308 x0117	1.32
0117 x0308	5894.30	0116 x0411	0	0411 x0117	3.57	0116 x0122	105.95	0117 x0116	2.27
0411 x0116	5862.47	0117 x0112	0	0117 x0308	3.63	0116 x0308	104.94	0411 x0112	2.33
0411 x0117	5838.57	0117 x0122	0	0411 x0122	4.52	0308 x0116	104.76	0411 x0116	2.44
0411 x0112	5751.01	0122 x0115	0	0411 x0115	4.71	0308 x0122	104.76	0411 x0308	2.50
0308 x0116	5707.28	0122 x0116	0	0115 x0116	4.76	0122 x0411	104.71	0115 x0112	2.56
0117 x0116	5651.55	0122 x0117	0	0116 x0112	4.76	0116 x0115	103.57	0115 x0117	2.56
0116 x0122	5643.62	0308 x0116	0	0308 x0112	4.77	0411 x0115	103.54	0116 x0112	2.70
0115 x0116	5579.96	0308 x0122	0	0112 x0411	4.82	0411 x0117	103.54	0308 x0115	3.03
0115 x0117	5575.99	0308 x0411	0	0112 x0308	4.88	0411 x0122	103.33	0117 x0308	3.13
0116 x0308	5572.02	0411 x0112	0	0115 x0308	4.88	0117 x0411	102.38	0115 x0122	3.26
0112 x0308	5542.82	0411 x0122	0	0411 x0116	5.06	0112 x0308	101.22	0122 x0308	3.33
0115 x0308	5540.19	0122 x0411	1.14	0308 x0115	5.92	0112 x0411	101.19	0116 x0308	3.49
0308 x0122	5516.29	0411 x0308	1.14	0116 x0115	5.95	0308 x0411	100.20	0308 x0116	3.49
0116 x0112	5496.37	0115 x0122	1.16	0116 x0122	5.95	0112 x0116	100.06	0112 x0308	3.60
0115 x0411	5461.40	0117 x0116	1.16	0117 x0115	5.95	0122 x0117	100.00	0112 x0116	3.66
0116 x0117	5456.60	0117 x0411	1.16	0308 x0122	5.95	0115 x0112	98.92	0117 x0122	4.35
0308 x0115	5392.94	0411 x0117	1.16	0122 x0112	5.99	0122 x0308	98.92	0122 x0115	4.44
0112 x0115	5317.37	0115 x0116	1.19	0112 x0122	6.04	0116 x0411	98.81	0411 x0115	4.55
0115 x0112	5253.71	0115 x0308	1.19	0115 x0117	6.04	0117 x0112	98.81	0116 x0115	4.61
0116 x0115	5124.98	0117 x0115	1.19	0116 x0308	6.13	0112 x0115	97.68	0112 x0411	4.76
0411 x0122	5082.56	0308 x0115	1.19	0411 x0112	6.98	0112 x0122	97.53	0122 x0411	5.59
0122 x0117	5007.00	0411 x0115	1.19	0308 x0116	7.14	0116 x0117	96.54	0115 x0308	5.75
0411 x0308	4927.38	0116 x0308	1.25	0115 x0411	7.23	0122 x0115	94.32	0116 x0411	5.99
0117 x0112	4784.18	0411 x0116	1.32	0112 x0115	7.38	0122 x0116	93.05	0112 x0115	6.22
0308 x0112	4617.09	0112 x0117	2.27	0122 x0115	7.90	0308 x0117	92.85	0308 x0411	6.37
0122 x0116	4541.44	0308 x0112	2.33	0122 x0308	8.25	0411 x0308	89.77	0115 x0411	6.43
0308 x0117	4366.41	0116 x0122	2.38	0116 x0411	8.33	0411 x0112	89.44	0115 x0116	6.53
0122 x0308	4310.69	0122 x0308	2.38	0308 x0411	8.39	0122 x0112	87.85	0116 x0122	6.78
0411 x0115	4247.02	0117 x0308	2.41	0115 x0112	8.49	0116 x0112	87.54	0308 x0112	6.90
0122 x0115	4008.25	0308 x0117	2.41	0117 x0112	9.52	0308 x0115	86.96	0117 x0411	6.90
0122 x0112	3538.81	0122 x0112	3.58	0112 x0116	9.82	0308 x0112	76.71	0308 x0122	6.91

Cuadro 4.2. Continuación.....

Genealogía	FUS		DFM		DFH		ALPA		ALMA	
	Media	Genealogía								
0112 x0117	10.39	0117 x0122	53	0308 x0122	53	0411 x0308	237.5	0116 x0117	97.5	
0411 x0308	11.35	0308 x0411	53	0117 x0122	55	0116 x0112	232.5	0122 x0117	97.5	
0116 x0112	11.82	0112 x0116	53.5	0308 x0411	55	0117 x0115	232.5	0122 x0411	97.5	
0117 x0122	13.00	0116 x0308	53.5	0112 x0116	55.5	0112 x0116	230	0115 x0112	100	
0116 x0117	13.27	0411 x0122	53.5	0116 x0308	55.5	0115 x0116	230	0117 x0112	100	
0112 x0122	13.56	0112 x0115	54	0411 x0122	55.5	0117 x0116	225	0112 x0115	102.5	
0117 x0112	15.13	0112 x0117	54	0112 x0115	56	0308 x0115	225	0112 x0117	102.5	
0116 x0308	16.28	0112 x0308	54	0112 x0117	56	0411 x0115	225	0115 x0117	102.5	
0117 x0411	18.34	0112 x0411	54	0112 x0308	56	0411 x0116	225	0116 x0122	102.5	
0115 x0112	19.38	0115 x0117	54	0115 x0117	56	0308 x0117	222.5	0117 x0122	102.5	
0308 x0112	19.93	0115 x0308	54	0115 x0308	56	0411 x0112	222.5	0115 x0308	105	
0112 x0308	20.47	0115 x0411	54	0115 x0411	56	0122 x0112	220	0115 x0411	105	
0308 x0411	20.80	0116 x0112	54	0116 x0112	56	0112 x0115	217.5	0117 x0308	105	
0116 x0122	21.39	0116 x0117	54	0116 x0117	56	0115 x0411	217.5	0308 x0112	105	
0112 x0411	21.44	0117 x0112	54	0117 x0112	56	0122 x0116	217.5	0112 x0308	110	
0116 x0411	21.63	0117 x0115	54	0117 x0115	56	0115 x0112	215	0112 x0411	110	
0122 x0411	22.35	0117 x0308	54	0117 x0308	56	0308 x0122	212.5	0117 x0411	110	
0117 x0308	22.50	0122 x0116	54	0122 x0116	56	0411 x0122	212.5	0122 x0308	110	
0411 x0122	23.07	0122 x0308	54	0122 x0308	56	0112 x0308	210.5	0112 x0122	112.5	
0122 x0116	23.93	0122 x0411	54	0122 x0411	56	0116 x0308	210	0122 x0112	112.5	
0112 x0116	24.39	0308 x0112	54	0308 x0112	56	0122 x0115	210	0115 x0122	115	
0115 x0122	24.55	0308 x0115	54	0308 x0115	56	0308 x0411	210	0116 x0112	115	
0411 x0116	24.70	0308 x0116	54	0308 x0116	56	0116 x0115	209.5	0116 x0308	115	
0115 x0411	24.79	0308 x0122	54	0411 x0112	56	0112 x0411	209	0116 x0411	115	
0115 x0308	25.16	0411 x0112	54	0411 x0116	56	0116 x0411	207.5	0308 x0122	115	
0308 x0116	25.43	0411 x0116	54	0411 x0117	56	0122 x0308	207.5	0411 x0112	115	
0117 x0116	26.07	0411 x0117	54	0112 x0411	56.5	0308 x0112	207.5	0411 x0115	115	
0308 x0115	26.16	0115 x0112	54.5	0115 x0112	56.5	0411 x0117	207.5	0411 x0122	115	
0411 x0112	27.44	0115 x0122	54.5	0115 x0122	56.5	0112 x0117	205	0116 x0115	115.5	
0308 x0122	28.39	0116 x0115	54.5	0116 x0411	56.5	0115 x0117	205	0122 x0115	117.5	
0411 x0117	28.41	0116 x0411	54.5	0117 x0116	56.5	0115 x0308	205	0112 x0116	120	
0308 x0117	28.48	0117 x0116	54.5	0117 x0411	56.5	0117 x0411	205	0308 x0116	120	
0116 x0115	28.90	0117 x0411	54.5	0122 x0117	56.5	0112 x0122	202.5	0411 x0117	120	
0122 x0308	29.32	0122 x0117	54.5	0308 x0117	56.5	0117 x0112	202.5	0411 x0308	120	
0115 x0116	29.36	0308 x0117	54.5	0116 x0115	57	0122 x0117	202.5	0308 x0115	122.5	
0115 x0117	33.10	0116 x0122	55	0116 x0122	57	0116 x0117	200	0308 x0117	122.5	
0122 x0117	34.43	0411 x0308	55	0411 x0308	57	0116 x0122	200	0117 x0116	125	
0117 x0115	35.56	0122 x0115	55.5	0122 x0115	58	0115 x0122	195	0122 x0116	125	
0112 x0115	35.93	0411 x0115	55.5	0411 x0115	58	0117 x0122	195	0308 x0411	125	
0122 x0112	36.69	0115 x0116	56	0115 x0116	58.5	0122 x0411	192.5	0411 x0116	127.5	
0411 x0115	45.45	0122 x0112	56.5	0112 x0122	59	0308 x0116	192.5	0115 x0116	130	
0122 x0115	49.74	0112 x0122	57	0122 x0112	59	0117 x0308	185	0117 x0115	140	

REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca

Cabe señalar que la cruce 0117 x 0122 presenta buenos atributos agronómicos, indicando uno de los más altos rendimientos, bajos porcentajes de fusarium, altura de mazorca baja y buen comportamiento en las demás variables evaluadas.

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de acuerdo al diseño dialélico con base al método 3 de Griffing modelo I (Cuadro 4.3) muestran que en ACG las variables mostraron que mostraron efectos significativamente diferentes de cero fueron ACMT, PRO, PUD y FUS, estas diferencias indican que al menos una de las líneas progenitoras difiere en potencial genético (particularmente en la varianza aditiva) del resto usadas en esta investigación.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza de un cruzamiento dialélico bajo el método 3 de Griffing entre siete líneas.

F.V.	g.l.	REN	ACMR	ACMT	PRO	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
REP	1	3668.21	0.15	29.97	1.10	48.00 **	119.73	1.71	3.86	874.30 *	624.30 **
CRUZAS	41	946128.06 *	1.88	10.21	117.27	10.43	146.23 **	1.29	2.19	299.07	194.98 *
ACG	6	978262.12	1.58	18.63 *	238.39 **	22.17 **	350.83 **	1.65	2.91	471.68	276.74
ACE	14	437056.82	1.42	7.17	51.69	5.53	60.33	2.00 *	3.25 *	204.57	141.83
EMAT	6	2959508.31 **	0.90	3.47	313.04 **	19.64 *	310.79 **	0.21	1.29	383.80	401.92 *
ENMAT	15	603055.5	2.81	12.38	51.73	6.62	78.73	0.91	1.29	284.31	129.08
REC	21	1276327.73 *	2.26	9.83	126.39	10.34	145.03 *	0.71	1.29	312.75	207.04 *

*, **= significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, F. V.= Fuente de Variación, g.l.= grados de libertad, REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

En cuanto a la ACE sólo tuvieron significancia las variables DFM y DFH indicando que la menos una de las cruces difiere de las demás en este efecto en

las variables mencionadas, al encontrar que existen variables con significancia en ACE indica que existen efectos del tipo no aditivos.

En lo que corresponde a efectos maternos las variables REN, PRO y FUS presentaron una alta significancia ($P \leq 0.01$) en cuanto a PUD y ALMA solo presentaron una significancia del ($P \leq 0.05$) lo que indica que el comportamiento de la descendencia cambia dependiendo de cómo participen los progenitores si son hembra o macho para estas variables; siendo obligación del mejorador tomar la decisión correcta de cómo usar el progenitor.

En los efectos no maternos no se encontró significancia alguna. Las variables ALMA y RED fueron las que presentaron significancia al ($P \leq 0.05$) con respecto a efectos recíprocos.

De acuerdo a la suma de cuadrados del análisis del método 3 de Griffing podemos estimar el porcentaje de contribución de los efectos aditivos y no aditivos de cada una de las variables (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Porcentaje de contribución de efectos aditivos y no aditivos para cada una de las variables.

Efecto	REN	ACMR	ACMT	PRO	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
ACG	48.90%	32.23%	52.70%	66.40%	63.21%	71.36%	26.04%	27.77%	49.70%	45.54%
ACE	51.10%	67.77%	47.30%	33.60%	36.79%	28.64%	73.96%	72.23%	50.30%	54.46%

ACE= aptitud combinatoria específica, ACG= aptitud combinatoria general, REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

En este cuadro se puede observar que en las variables ACMT, PRO, PUD y FUS están controladas por efectos del tipo aditivo, mientras que en las variables ACMR, DFM, DFH y AMA están controladas por efectos preferentemente del tipo no aditivo. Las variables REN y ALPA están presentes en igual proporción tanto efectos de tipo aditivo como no aditivo.

La fuente de variación cruza se divide en aptitud combinatoria general ACG y aptitud combinatoria específica ACE, la ACG es estimada a través de progenitores mientras que la ACE se estima en base a las cruza que se generen entre estos. En el Cuadro 4.5 se muestran los valores de ACG de las 7 líneas evaluadas en este estudio.

La línea que presentó los efectos positivos más altos en la variable de rendimiento fue la línea 0411 con una aportación de 2.02 t ha^{-1} en la cruza donde ella participe muestra rendimientos por encima de la media general, es por eso que muestra significancia y el valor de su efecto es estadísticamente diferente de cero. Cabe mencionar que esta misma línea tiene uno de los valores más altos en la variable PUD lo que indica que aunque obtiene altos rendimientos presenta problemas de pudrición de mazorca lo que la señala como una línea indeseable para el programa.

La cruza que alcanza el rendimiento más alto está dada por 0411 x 0116, estas líneas tienen los valores más altos de ACG y tienen un efecto positivo en cuanto ACE, al tener valores altos de ACG y ACE expresan el máximo rendimiento de las cruzas evaluadas en este programa que con cuerda con los estudios de Reyes *et al.* (2004) y Guillen *et al.*(2009).

Cuadro 4.5. Efecto de aptitud combinatoria generar ACG de siete líneas estimados bajo el modelo 3 de Griffing en diez variables.

Líneas	REN	ACMR	ACMT	PRO	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
O112	-0.42	-0.45	1.68	-3.14 **	-1.08	-2.08 *	0.87	1.03	1.05	-2.07 *
O115	-1.18	-0.82	1.23	1.49	1.47	4.5 **	1.36	1.77	1.46	0.67
O116	1.43	-0.75	0.28	0.83	0.41	-1.51	-0.1	0.29	1.22	2.25 *
O117	0.93	0.79	-2.58 *	2.03 *	-3.02 **	-0.88	-1.33	-1	-1.75	-1.23
O122	-1.61	0.4	-0.63	0	-0.56	1.38	1.85 *	0.66	-2.4 **	-1.34
O308	-1.16	1.65	0.39	-1.71	1.45	-1.12	-1.82 *	-2.48 **	-0.53	0.86
O411	2.02 *	-0.82	-0.36	0.5	1.32	-0.28	-0.84	-0.26	0.96	0.83

*,**= Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, C.V.= coeficiente de variación F. V.= Fuente de Variación, g.l.= grados de libertad, REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

De acuerdo a la variable de ACMT la línea que presentó los menores efectos fue; 0117 con -2.58 por ciento, así como también en las variables PUD con -3.02 por ciento, ALPA con -1.75 cm y ALMA con -1.23 cm, en dicha línea también se observó uno de los valores más altos con respecto a rendimiento con 0.98 t ha⁻¹ al igual que en prolificidad con 2.0 por ciento, lo que indica que de acuerdo a su alto grado de prolificidad e índices bajos de pudrición de mazorca alcanza rendimientos altos, además de contribuir a disminuir la altura tanto de

planta como de mazorca, señalándola también como una de las mejores líneas en base a su ACG.

Para la variable FUS, la línea 0112 contribuye a la tolerancia a fusarium ya que tiene un valor negativo de -2.08 por ciento con una significancia de ($P \leq 0.05$) así como también presenta los valores más bajos con -2.07 cm con respecto a la variable de ALMA.

La línea 0308 contribuye a la precocidad en base a días a floración de macho y hembra ya que obtiene los valores más bajos con -1.8 y -2,4 días en dichas variables con una significancia de ($P \leq 0.05$) en DFM y ($P \leq 0.01$) en DFH.

Con respecto a la variable altura de planta en la línea 0122 se observa que tiene un valor negativo de -2.40 cm con una significancia de ($P \leq 0.01$) dicha línea contribuye a reducir la altura.

Por último en la variable ALMA se muestra a las líneas que contribuye a reducir y aumentar la altura de mazorca, con un efecto de -2.7 cm la línea 0112 es la que tiende reducir la altura, mientras que la 0116 contribuye a aumentarla, ambas líneas presentan una significancia de ($P \leq 0.05$).

En cuanto a ACE para rendimiento las cruzas son estadísticamente iguales, solo la cruz 0115 x 0411 mostró significancia de ($P \leq 0.01$), pero con efectos negativos con -2.35 t ha^{-1} lo cual la señala como la peor cruz con respecto a ACE (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. Efecto de aptitud combinatoria específica ACE de siete líneas bajo el método 3 de Griffing para diez variables agronómicas.

Cruzas	REN	ACMR	ACMT	PRO	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
0112 x0115	0.31	-0.74	0.5	0.23	0.61	-0.38	-1.28	-1.53	-0.55	-1.7
0112 x0116	0.76	-0.77	0.51	-0.65	0.17	0.04	-1.78	-1.71	2.03 *	0.9
0112 x0117	-0.57	0.43	0.52	1.67	-0.65	-1.75	-0.54	-0.59	-0.97	-0.79
0112 x0122	-0.72	1.77	0.03	-0.52	-1.43	0.51	4.67 **	4.18 **	0.59	1.65
0112 x0308	-0.38	0.04	-1.13	-0.66	1.31	0.42	-0.29	0.16	-0.73	-0.53
0112 x0411	0.61	-0.73	-0.19	-0.07	0	1.16	-0.79	-0.5	-0.38	0.53
0115 x0116	-0.41	0.45	-0.69	0.43	0.8	-0.27	1.69	1.65	-0.06	0.62 *
0115 x0117	1.12	-0.33	1.23	-0.63	-0.91	0.84	-0.79	-0.97	1.28	2.7
0115 x0122	0.05	-0.15	-0.42	-0.74	-0.09	0.47	0.08	0.53	-1.05	1.06
0115 x0308	1.28	0.27	-0.71	-0.82	-0.68	-1.42	-0.54	-0.22	0.05	-0.59
0115 x0411	-2.35 **	0.049	0.09	0.93	0.27	0.76	0.83	0.53	0.32	-1.39
0116 x0117	-0.81	-0.38	-1.39	-0.66	-0.49	-0.14	0.58	0.25	0.38	-0.86
0116 x0122	-1.05	0.88	-0.21	-0.71	0.61	-0.46	-0.41	-0.12	0.1	-0.27
0116 x0308	0.53	-0.75	0.68	1.6	-0.86	0.31	0.41	0.06	-2.08 *	-0.59
0116 x0411	0.98	0.57	1.11	-0.01	-0.22	0.52	0.33	-0.12	-0.38	0.21
0117 x0122	1.13	-1.98 *	0.39	0.1	0.84	-0.49	-1.65	-0.87	-0.03	-1.43
0117 x0308	-0.9	1.59	-0.56	-0.45	-0.15	1.27	1.45	1.65	-0.16	0.38
0117 x0411	0.04	0.67	-0.19	-0.64	1.37	0.26	0.95	0.53	-51	0.64
0122 x0308	0.16	-0.86	1.71	2.22	0.06	1.07	-0.95	-1.9 *	-0.71	-0.34
0122 x0411	0.92	-0.17	-1.28	0.67	-0.86	-1.07	-1.9 *	-1.25	-0.79	-1.17
0308 x0411	-0.21	-0.81	0.47	-0.89	-0.56	-1.62	0.58	0.81	1.74	1.17

REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

Con respecto a la variable de ACMR la mejor cruza con un efecto de ACE de -1.98 por ciento y significativamente diferente de cero ($P \leq 0.05$) fue la 0117 x 0122, esta misma cruza también presenta valores favorables en rendimiento con 1.13 t ha^{-1} , días a floración macho, siendo la cruzamás precoz con -1.65 días y en la variable ALMA con un efecto de -1.43 cm, lo que indica que es una cruza que expresa rendimiento, sin problemas de acame de raíz, la más precoz en base a días a floración macho y altura de mazorca baja.

En las variables ACMT, PROL, PUD y FUS las cruza no presentan significancia para los efectos de ACE lo que indica que todos los efectos son estadísticamente igual a cero.

En la variable DFM la cruza con un efecto de ACE negativo de -1.90 días y con una significancia de ($P \leq 0.05$) fue la 0122 x 0411 mientras que la de más altos efectos de ACE con un valor positivo de 4.67 días y significativamente diferente de cero ($P \leq 0.01$) fue la cruza 0308 x 0411, esta última cruza con el mismo valor de significancia también obtiene el efecto más alto con 4.18 días en la variable DFH señalándola como la que genera comportamientos más tardíos en ambas variables, en la misma variable DFH podemos identificar a la cruza 0122 x 0308 como la que presentó efecto negativo de -1.90 días y una significancia de ($P \leq 0.05$).

En la variable ALPA la cruza que presentaron los mayores efectos fue la 0112 x 0116 con un efecto positivo de 2.03 cm y la de menor efecto para

altura 0116 x 0308 con un valor negativo de -2.08 ambas con una significancia de ($P \leq 0.05$).

Con respecto a la variable ALMA se puede observar que la cruce 0115 x 0117 presenta los efectos más altos con un valor de 2.7 cm y con una significancia de ($P \leq 0.05$) lo que permite señalarla como una cruce que expresa descendientes mazorcas con alturas elevadas.

Los efectos recíprocos están conformados por efectos maternos y no maternos, los efectos maternos son estimados en base al comportamiento extranuclear de los progenitores y los efectos no maternos se estiman de acuerdo a los efectos genéticos de las cruces específicas, en el cuadro 4.7 se presentan los efectos de efectos recíprocos y no maternos.

En cuanto a la variable de rendimiento las cruces 0112 x 0122, 0115 x 0122, 0117 x 0122 y 0117 x 0308 muestran efectos recíprocos con una significancia estadística ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05$); es decir estas cruces generan descendientes de comportamiento diferente en rendimiento al cambiar el orden de los progenitores cuando se hacen los cruzamientos, en las primeras dos cruces los efectos recíprocos se debe más a efectos maternos ya que las líneas 0112 y 0115 presentan diferencias significativas en efectos maternos, mientras que la última cruce los efectos recíprocos se debe más a efectos no maternos al tener la misma cruce significancia en efectos no maternos.

La variable ACMR la cruce 0112 x 0122 muestra una significancia estadística de ($P \leq 0.01$), indicando que esta cruce genera individuos diferentes al cambiar el orden de los progenitores, la presencia de efectos recíprocos se atribuye a los efectos no maternos ya que la misma cruce presenta significancia de ($P \leq 0.05$) en efectos no maternos.

Cuadro 4.7. Efectos recíprocos y no maternos obtenidos a través de un diseño dialéctico método 3 de Griffing para diez variables.

Cruzas	REN		ACMR		ACMT		PRO		PUD	
	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM
0112 x0115	0.09	-0.41	0	0.43	-0.33	-0.28	-0.14	-0.54	1.2	1.38
0112 x0116	0.88	-0.16	0	0.43	1.52	2.23 *	1.37	-0.17	0.31	0.31
0112 x0117	1.51	1.03	1.62	2.36 **	-2.52 **	-2.29 **	1.29	0.69	0	0.37
0112 x0122	3.7 **	1.46	-2.55 **	-2.15 *	0.02	0.45	1.06	-0.93	0.38	-0.25
0112 x0308	1.25	0.15	-1.66	-1.82 *	0.03	0.53	2.69 **	1.12	-1.08	-1.21
0112 x0411	0.31	-2.06 *	0	0.74	-0.65	-0.65	1.29	-0.17	0.8	-0.61
0115 x0116	0.61	0.04	0.85	1	-0.36	-0.11	0.65	-0.64	0.63	0.73
0115 x0117	-0.44	-0.76	-0.85	-0.99	0.03	0.61	-0.01	-0.47	0.84	1.41
0115 x0122	2.75 **	0.86	0.83	1.41	-1.69 **	-1.69	1.38	-0.18	-0.39	-1.13
0115 x0308	0.2	-0.58	0	-0.29	-0.31	0.01	2.23 *	0.96	0.89	1.16
0115 x0411	1.64	0.03	-0.85	-0.7	0.76	0.9	0.94	-0.21	0.62	-0.79
0116 x0117	-0.26	0.13	-0.83	-0.97	0.37	0.69	-1.53	-0.85	-0.75	-0.45
0116 x0122	1.49	0.05	1.69	2.44 **	0.74	0.87	1.42	1.28	1.8 *	1.48
0116 x0308	-0.18	-0.35	0.89	0.76	-0.3	-0.3	0.02	-0.24	0	0.13
0116 x0411	1.08	0.05	-0.94	-0.8	0.98	0.86	-0.93	-1	1.17	-0.12
0117 x0122	1.81 *	-0.01	0	0.42	0	-0.26	1.04	-0.12	1.43	0.61
0117 x0308	2.06 *	1.87 *	0	-0.31	0.39	0.27	1.46	0.5	0.59	0.4
0117 x0411	0.17	-1.47	0	0.29	-0.37	-1	-0.13	-1.01	1.89 *	0.31
0122 x0308	-1.63	-0.35	1.69	1.28	0.69	0.88	-0.64	-0.63	-1.17	-0.61
0122 x0411	1.88	2.71 **	0.81	0.83	-1.02	-1.51	0.15	0.67	1.84 *	1.32
0308 x0411	1.56	0.75	-0.81	-0.36	1.5	1.4	1.14	1.72	1.27	-0.12

Para la variable ACMT también se encontraron diferencias significativas de ($P \leq 0.1$) en las cruzas 0112 x 0117 y 0115 x 0122, que al igual que en la variable ACMR la presencia de efectos recíprocos se debieron a los efectos no maternos ya que las mismas cruzas mostraron significancia en efectos no maternos.

Cuadro 4.7. Continuación.....

Cruzas	FUS		DFM		DFH		ALPA		ALMA	
	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM
0112 x0115	1.86 *	1.04	-0.51	-0.6	-0.38	-0.58	0.17	-0.1	0.22	-0.7
0112 x0116	1.41	0.98	-0.51	-0.6	-0.38	-0.45	-0.17	-0.59	0.43	-0.91
0112 x0117	-0.53	-0.88	0	-0.09	0	-0.06	0.17	0.51	0.22	0.7
0112 x0122	-2.6 **	-1.62	0.51	0.94	0	0.77	-1.17	-0.73	0	-0.18
0112 x0308	0.06	0.61	0	-0.09	0	-0.45	0.2	0.69	0.43	1.03
0112 x0411	-0.67	-0.13	0	0.43	0.38	0.77	-0.9	0.22	-0.43	0.07
0115 x0116	0.05	0.53	1.52	1.8	1.15	1.48	1.37	1.52	1.26	1.03
0115 x0117	-0.28	0.58	0	-0.09	0	0.06	-1.84	-1.56	-3.25 **	-2.45 **
0115 x0122	-2.83 **	-0.73	-1.01	-0.86	-1.15	-0.45	-1	-0.23	-0.22	0.52
0115 x0308	-0.11	1.56	0	-0.09	0	-0.32	-1.34	-0.83	-1.52	-0.32
0115 x0411	-2.32 **	-0.91	-1.52	-1.37	-1.53	-1.36	-0.5	0.99	-0.87	0.52
0116 x0117	-1.44	-1.26	-0.51	-0.68	-0.38	-0.52	-1.67	-1.27	-2.39 **	-0.96
0116 x0122	-0.28	1.81 *	1.01	1.54	0.76	1.68	-1.17	-0.33	-1.95 *	-1.07
0116 x0308	-1.03	0.01	-0.51	-0.68	-0.38	-0.9	1.17	2.23 *	-0.43	1.42
0116 x0411	-0.34	0.95	0.51	1.03	0.38	0.77	-1.17	0.3	-1.08	0.73
0117 x0122	-2.4 **	-1.14	-1.52	-1.37	-1.15	-0.52	-0.5	-0.25	0.43	-0.11
0117 x0308	-0.67	0	-0.51	-0.6	-0.38	-0.84	-2.51	-2.83 **	-1.52	-1.72
0117 x0411	-1.13	-0.42	0.51	1.11	0.38	0.84	-0.17	0.77	-0.87	-0.88
0122 x0308	0.1	-0.79	0	-0.43	2.29	1.48	-0.33	-0.6	-0.43	0.18
0122 x0411	-0.08	-0.88	0.51	0.68	0.38	0	-1.34	-0.95	-1.52	-1.03
0308 x0411	1.06	1.39	-2.02 *	-1.88 *	-1.53	-1.03	-1.84 *	-1.34	0.43	0.59

*, **= Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

En lo que corresponde a la variable prolificidad las cruzas 0112 x 0308 y 0115 x 0308 presentaron una significancia de ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05$) en efectos recíprocos, las causas por las que se encontraron diferencias significativas en estas cruzas se debe que las tres líneas que participan en los cruzamientos presentan significancia en efectos maternos.

Con respecto a la variable PUD las cruzas 0116 x 0122, 0117 x 0411 y 0122 x 0411 presentan una significancia de ($P \leq 0.05$), estas cruzas obtienen valores positivos más altos con 1.8, 1.89 y 1.84 cm, los efectos recíprocos de la segunda y tercer cruce están dados por efectos maternos ya que la línea 0411 tiene significancia en efectos maternos.

En la variable FUS (cuadro 4.8), las cruzas 0112 x 0122, 0115 x 0122, 0115 x 0411, 0117 x 0308 y 0112 x 0115 presentaron diferencia significativa de ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05$), lo que indica que generan progenies diferentes en incidencia de fusarium cuando se cambia el orden de los progenitores, los efectos recíprocos están dados por efectos maternos ya que las líneas 0115, 0116 y 0122 presentan diferencias significativas en efectos maternos (Cuadro 4.7).

En la variable DFM la cruce 0308 x 0411 presenta significancia de ($P \leq 0.05$), los efectos recíprocos están dados por efectos no maternos ya que la misma cruce tiene significancia de ($P \leq 0.05$) en efectos no maternos.

En la variable DFH donde es posible observar que ninguna cruza presentó valores significativos lo que indica que las líneas participes en dichas cruzas pueden ser utilizadas como hembras o como machos en cuanto a días a floración hembra ya que no tiene ningún efecto recíproco.

En la variable ALMA la cruza 0116 x 0117 los efectos recíprocos están dados tanto por efectos maternos y no maternos, ya que la misma cruza presenta significancia de ($P \leq 0.01$) en efectos no maternos mientras que la línea 0116 presenta significancia de ($P \leq 0.01$) en efectos maternos, mientras que en las cruzas 0115 x 0117 y 0116 x 0122 los efectos recíprocos están dados por solo efectos maternos ya que la línea 0115 presenta una significancia de ($P \leq 0.05$) y la 0116 una significancia de ($P \leq 0.01$) en efectos maternos.

En cuanto a efectos maternos la significancia que se muestra en las variables (cuadro 4.8) indica que existe un cambio estadísticamente significativo en la expresión fenotípica de la descendencia al invertir el orden de los progenitores.

Cuadro 4.8. Efectos maternos de siete líneas obtenidos a través de un diseño dialéctico método 3 de Griffing para diez variables.

Líneas	REN	ACMR	ACMT	PRO	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
O112	3.16 **	-1.05	-0.79	3.09 **	0.66	-0.19	-0.21	-0.16	-0.7	0.35
O115	1.91 *	-0.01	-0.51	2.18 *	0.57	-3 **	-0.21	-0.47	-1.42	-1.97 *
O116	0.26	-0.01	0.25	-1.24	0.52	-1.86 *	-0.21	-0.16	-1.65	-3.08 **
O117	1.32	0.02	0.88	1.07	1.56	-0.8	-0.41	-0.31	0.07	1.42
O122	-3.87	1.03	0.25	-2.2 *	-1.04	3.32 **	0.62	1.71	0.89	-0.09
O308	-0.06	-0.71	0.41	-1.88 *	0.83	1.1	-0.41	-1.25	0.4	1.59
O411	-2.72 **	0.73	-0.49	-1.01	-3.1 **	1.42	0.83	0.62	2.41 *	1.77

*, **= Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, REN= rendimiento, ACMR = acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PRO= Prolificidad, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

Para las variables ACMR, ACMT, DFM y DFH donde no se presenta significancia en ninguna de las líneas, indica que no se producen cambios en la descendencia cuando se usan como hembras o como machos.

La línea 0112 presenta una significancia de ($P \leq 0.01$) con un valor positivo de 3.16 t ha^{-1} en la variable rendimiento lo que indica que al usarse como hembra tiende a aumentar el rendimiento que cuando se usa como macho, esta misma línea en la variable prolificidad presenta valor positivo de 3.09 t ha^{-1} lo que indica que al invertir su uso contribuye al aumento de mazorcas por planta.

La línea 0115 en las variables REN, PRO y ALMA presentó una significancia favorable al nivel de ($P \leq 0.05$) para efectos maternos, lo que indica que cuando se usa como hembra tiende a mejorar el rendimiento, prolificidad y

disminuye la altura de mazorca, en la variable fusarium presenta una significancia de ($P \leq 0.01$) señalando también que cuando se usa como hembra tiende a disminuir el porcentaje de fusarium.

La línea 0116 en efectos maternos presentó efectos similares a la línea 0115 en base a las variables FUS y ALMA ya que también al invertir su uso tiende disminuir el porcentaje de fusarium y a reducir la altura de mazorca.

La línea 0122 mostró diferencias significativas con valores negativos en la variable PRO al nivel de ($P \leq 0.01$) y valores positivos al nivel de ($P \leq 0.05$) en la variable de FUS indicando que cuando es utilizada como hembra tiende reducir la prolificidad y aumentar la susceptibilidad a fusarium lo que indica que cuando participa como hembra se obtienen más perjuicios que cuando se utiliza como macho.

En lo que corresponde a la línea 0308 en la variable de prolificidad con una significancia de ($P \leq 0.05$) y con un valor negativo de -2.2 por ciento indica que disminuye el número de mazorcas cuando participa como hembra por lo cual es conveniente utilizarla como macho.

La línea 0411 en efectos maternos presenta un valor significativo de ($P \leq 0.01$) y obtiene valores negativos en la variable rendimiento con un valor de -2.72 t ha^{-1} , esto señala que es conveniente utilizarla como macho que como hembra, ya que cuando se usa como esta última tiende a reducir el rendimiento. Cabe mencionar que la misma línea presenta un valor negativo de en la

variable pudrición de mazorca con una significancia de ($P \leq 0.01$) que aunque disminuye el rendimiento aumenta la tolerancia a fusarium cuando se usa como hembra. En la variable ALPA la misma línea presentó valores positivos con un valor de 2.41 cm y una significancia de ($P \leq 0.05$) esto indica que cuando también se usa como hembra tiende a aumentar la altura de planta.

V. CONCLUSIONES

El método III modelo I de los dialélicos de Griffing permitió estimar el potencial genético de cruzas y líneas, lo que permite identificar líneas prometedoras, así como también las mejores cruzas en base a rendimiento y características agronómicas del programa de mejoramiento.

En base al cuadro de medias podemos señalar a la cruz 0117 x 0122 como la mejor, ya que presenta uno de los valores más altos en rendimiento, bajos porcentaje de fusarium, baja altura de mazorca y buen comportamiento en las demás variables.

La línea 0117 al presentar uno de los valores positivos más altos de ACG en la variable de rendimiento, sin problemas de acame de tallo, prolífica, sana y además contribuye a la reducción de altura de planta y de mazorca con lo cual permite señalarla como la mejor línea de esta investigación.

La cruz 0122 x 0411 en base ACE, se considera la mejor ya que presenta uno de los valores más altos en la variable de rendimiento, no presenta problemas con pudrición de mazorca, fusarium, acame de tallo y raíz además de que es una de las más precoces en días a floración hembra y macho.

Los efectos de tipo aditivo estuvieron presentes en mayor proporción en las variables ACMT, PRO, PUD y FUS. En cuanto a las variables ACMR, DFM, DFH y AMA fueron los efectos del tipo no aditivo los que tuvieron mayor importancia, mientras que en las variables REN y ALPA la proporción de ambos efectos fue similar.

Los efectos recíprocos jugaron un papel muy importante en la expresión fenotípica de los híbridos en todas las variables a excepción de la variable DFH.

VI. RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar el tipo de acción genética involucrada y la influencia de los efectos recíprocos de cruzas dialélicas, generadas con siete líneas endogámicas de maíz pertenecientes al programa de mejoramiento para la región tropical de la UAAAN.

Se evaluaron 42 cruzas simples que se originaron de los cruzamientos directos y recíprocos entre siete líneas, la evaluación se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de la localidad de Úrsulo Galván perteneciente al estado de Veracruz en el ciclo primavera-verano de 2011 bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones.

Los efectos de aptitud combinatoria general, específica y efectos recíprocos se obtuvieron utilizando el método 3 de Griffing (1956), modelo I. evaluando las siguientes variables; REN= rendimiento (t ha⁻¹), ACMR = acame de raíz (%), ACMT= acame de tallo (%), PRO= Prolificidad (%), PUD= pudrición de mazorca (%), FUS= porcentaje de fusarium (%), DFM= días a floración macho (días), DFH= días floración hembra (días), ALPA= altura de planta (cm), ALMA= altura de mazorca (cm).

En base al cuadro de medias podemos señalar a la cruz 0117 x 0122 como la mejor, ya que presenta uno de los valores más altos en rendimiento, bajos porcentaje de fusarium, baja altura de mazorca y buen comportamiento en las demás variables.

La línea 0117 al presentar uno de los valores positivos más altos de ACG en la variable de rendimiento, sin problemas de acame de tallo, prolífica, sana y además de que contribuye a la reducción de altura de planta y de mazorca la permite señalar como la mejor línea de esta investigación.

La cruz 0122 x 0411 se considera la mejor de esta evaluación ya que presenta uno de los valores más altos en la variable de rendimiento, no presenta problemas con pudrición de mazorca, fusarium, acame de tallo y raíz además de que es una de las más precoces en días a floración hembra y macho.

Los efectos de tipo aditivo estuvieron presentes en mayor proporción en las variables ACMT, PRO, PUD y FUS. En cuanto a las variables ACMR, DFM, DFH y AMA fueron los efectos del tipo no aditivo los que tuvieron mayor importancia, mientras que en las variables REN y ALPA la proporción de ambos efectos fue similar.

Los efectos recíprocos jugaron un papel muy importante en la expresión fenotípica de los híbridos en todas las variables a excepción de la variable DFH.

Palabras clave: Cruzas dialélicas, efectos recíprocos, efectos Maternos, efectos no maternos, ACG, ACG.

VII. LITERATURA CITADA

Avila P. M. A., Rodríguez H. S. A., Vázquez B. M. E., Borrego E. F., Lozano del R. A.J.y López B. A. 2009. Aptitud combinatoria y efectos recíprocos en líneas endogámicas de maíz de Valles Altos del centro de México. *gric. Téc. Méx* v.35 n.3 México jul./sep.

Bolaño M.A.J., L.M. Bosco, C.A. Fenoglio, H.J. Pagela, H.A. Paccapelo. 2008. Aptitud combinatoria de líneas endocriadas (S_8) de maíces forrajeros con introgresión de *Zea diploperennis*ltis, Doble y Guzmán para la producción de biomasa aérea. *Rev. Fac. Agronomía- UNLPam* Vol.19.

Casteñón N. G., L Latournerie M., M Mendoza E.2005. Macro de SAS-IML para analizar los diseños ii y iv de Griffing. *Universidad y Ciencia*, vol. 41, núm. 21, pp. 27-35,

Cervantes O, F., G. García De los S., A. Carballo C., D. Bergvinson, J.L. Crossa, M. Mendoza E., E. Andrio E., J.G. Rivera R., E. Moreno M.2011. Estimación de efectos genéticos relacionados con el vigor de la semilla y de la plántula en maíces tropicales mexicanos. *Revista Internacional de Botánica Experimental.*

De la Cruz L. L., J. Ron, P., J. L: Ramírez D., J. de J. Sánchez G., M. Morales R., M. Chuela B., A. Hurtado de la P., S. Mena, M. 2003. Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco México Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 26, núm. 1, enero-marzo 2003, pp. 1-9.

De la Rosa A., De León H.,Martinez G., Rincon F. 2000.Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridoscomerciales de maíz (*Zea mays* L.). Agronomía mesoamericana 11(1):113-122.200.

De la Vega, A. J., and S. C. Chapman.2006. Multivariate analyses to display interactions between environment and general or specific combining ability in hybrid crops.CropSci. 46: 957–967.

De León H., Ramírez E., Martínez G., Oyervides A., De la Rosa A. 1999. Evaluación de diversos patrones heteróticos en la formación de híbridos de maíz para el bajío mexicano. Agronomía mesoamericana 10(1): 31-35.

De León Castillo H., Hernández S. S. Sámano G. D., De la Rosa L. A., Oyervides G. A. y Rincón S. F. 2002. Mejoramiento de un patrón heterótico de maíz mediante selección recíproca recurrente.

DrinicMladenovic S., M. Kostadinovic, D. Ristic, M. Stevanovic, Z. Camdžija, M. Filipovic, and D. Kovacevic 2012.Correlation of yield and heterosis of maize hybrids and their parental lines with genetic distance based on ssrmarkers.Originalscientificpaper.

Gaytán R. y Mayek P. 2010. Heterosis en híbridos de maíz producidos en cruzamientos entre progenitores de valles altos por tropicales. Investigación y ciencia de la UAA. Número 48, (4-8).

Gillen de la C. P., E. de la Cruz L., G. Castañón N., R. Osorio O., N. P. BritoM., A. Lozano del R., U. López N. 2009. Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 10 : 101-107.

Gonzales S., Córdova H., Rodríguez S., De León H., Serrato V. M. 1997. Determinación de un patrón heterotico a partir de la evaluación de un dialélo de diez líneas de maíz subtropical. AgronomíaMesoamericana 8(1): 01-07.

GriffingB. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.

Guerrero G. C., A. Espinoza B., A Palomo G., E Gutiérrez Del Río, JG Luna O., N Rodríguez D. 2012. Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza simples con líneas élite de maíz. Universidad y Ciencia. 28(1):65-77.

Hoegenmeyer T. C., A. R. Hallauer. 1976. Selection among and within full-sib families to develop single crosses by 2030. Global EnvironmentalChange 20(4):577:585.

- Mas M.T., L. Bosch, F. Casañas , J. Valero y F. Nuez.** 2001.Efectos recíprocos en semiexóticos de maíz (*Zea mays* L.). Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 16 (3).
- Malacarne M. F. y F. M. San Vicente G.** 2003. PATRONES HETERÓTICOS DE LÍNEAS TROPICALES DE MAÍZ. Agronomía Tropical. V. 53 n. 4.
- Martínez G. A.** 1988. Diseños Experimentales: Métodos y elementos de teoría. México Trillas 756 P.
- Meuwissen T. H., Hayes B.J., Goddard M. E.**2001.Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps.*Genetics*157, 1819-1829.
- Montesinos L. A. O., Á. A. Mastache A., I. Luna S., C. M. HernándezS. y G. Hernández L.**2009. Mejor predictor lineal e insesgado familiar de aptitud combinatoria general en experimentos parciales de cruzas dialélicas con efectos maternos. Agric. Téc. Méx v.35 n.3.
- Mora F., Pupin O., Scapim C.** 2007.Predicción del efecto de cultivares de algodón en la presencia de interacción genotipo-ambiente. Cien. Inv. Agr. 34(1): 13-21.

- Mora F. y Scapim C. A.** 2007. Predicción de Valores Genéticos del Efecto de Poblaciones de Maíz Evaluadas en Brasil y Paraguay. Agricultura Técnica (Chile) 67(2):139-146.
- Pollak L.M., Torres C. S., Sotomayor R. A.,** 1991. Evaluation of heterotic patterns among Caribbean and TropicalxTemperate maize populations. Crop Sci. 31, 1480-1483.
- Poneleit C. G. and Egli D. B.** 1983. Differences Between Reciprocal Crosses of Maize for Kernel Growth Characteristics. CropSci. 23:871-875.
- Preciado, O.R.E., A.D. Terrón I., N.O. Gómez M. y E.I. Robledo G.** 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. Agronomía Mesoamericana 16: 145-151.
- Reyes L. D., J. D. Molina G., M. A. Oropeza R. y E. del C. Moreno P.** 2004. Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27 (1): 49 – 56
- Sierra M., F. Márquez, R. Valdivia, O. Cano, F. A. Rodríguez.** 2000. Aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores. Agronomía Mesoamericana 11(1): 103-112. 2000.
- Tollenaar M., A. Ahmadzadeh and E. A. Lee.** 2004. Physiological basis of heterosis for grain yield in maize. crop sci. 44: 2086-2094.

Terron A., E. Preciado, H. Córdova, H. Mickelson, R. López. 1997. Determinación del patrón heterotico de 30 líneas de maíz derivadas de la población 43sr del CIMMYT. AGRONOMIA MESOAMERICANA 8(1): 26-34.

Zhang Y., M. S. Kang. 1997. Diallel-Sas: A SAS program for Griffing's diallel analyses. Agron. J. 89:176-182.