

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMÍA



**SELECCIÓN Y PREDICCIÓN DE HIBRIDOS Y ESTIMACIÓN DE
PARÁMETROS GENÉTICOS EN LAS CRUZAS POSIBLES DE OCHO
LÍNEAS DE MAIZ**

POR

HECTOR HUGO CUETO FLORES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

JUNIO DE 1999

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

División de Agronomía

Departamento de Fitomejoramiento

Selección y predicción de híbridos y estimación de parámetros genéticos en las cruzas posibles de ocho líneas de maíz

Por:

Hector Hugo Cueto Flores

T E S I S

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador, como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en la Especialidad de Fitotecnia

Aprobada por:

M.C. Humberto de León Castillo
Presidente del jurado

Dr. José Espinoza Velázquez
Sinodal

M.C. Ma. Cristina Vega Sánchez
Sinodal

M.C. Reynaldo Alonso Velasco
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio de 1999

DEDICATORIA

A DIOS por permitirme alcanzar mi primer meta en la vida, porque en todo momento siempre me amparó, para realizarme como persona y profesionalista.

El presente trabajo que ha sido la culminación de tantos años de estudio y de mi formación, deseo dedicarlo a quienes admiro y que en toda una vida con gran amor se esforzaron para ofrecerme cariño, hogar y sacrificio económico, además de impulsarme a seguir adelante para bien propio y de la sociedad, a ustedes:

Mis padres:

Macario Cueto Lugo

Ma. del Sagrario Flores Corona

Que son lo máximo que yo pudiera tener para toda la vida.

A mis hermanas:

A ustedes, hermanas que de una u otra manera me han ofrecido su amistad y me han dado apoyo, con todo cariño a:

Alma Adriana

María del Sagrario

A las cuales nunca les podré pagar o devolver su apoyo y aprecio en todo el tiempo que me pudiera faltar por vivir.

A mis sobrinas:

Karla Adriana

Alma Berenice

Hugo

Quienes en todo momento han estado conmigo, alentándome para seguir adelante.

A mis abuelitos:

PATERNOS.

Antonio Cueto Estrada

Macaria Lugo Aceves (†)

MATERNOS:

Salvador Flores (†)

Ma. de Jesús Corona (†)

En especial para Lolita Corona (mi nina), por sus sabios consejos y además de sus imborrables ejemplos que me impulsaron a seguir adelante, para el bien propio y de la sociedad.

A mis tías:

Esperanza Flores Corona

Bertha Cueto Lugo

Jovita López

Por haberme motivado siempre a superarme, por todos sus consejos y recomendaciones, así como también por su ayuda, tanto económica como moral; a quienes les agradezco gran parte de mi formación como profesionista.

A mis tíos y primos:

Mary Chuy, por toda su sinceridad y confianza depositada en mí, además de ser una gran amiga.

Arcelia y Esperanza, por todo el tiempo que he compartido con ustedes.

Gracias a todos por el gran cariño y apoyo moral, que fue un valioso sustento con el que contribuyeron, para que pudiera concluir mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A mí querida “ **ALMA TERRA MATER** ” por darme la oportunidad de ocupar un espacio en ella, haciendo de mí un hombre, que ha logrado terminar sus estudios a nivel profesional con talento y entusiasmo.

AL ING. M.C. **HUMBERTO DE LEON CASTILLO**, por brindarme su amistad y haber depositado su confianza en mí para la realización del presente trabajo, así como su valioso asesoramiento y acertados consejos en mi formación profesional, reiterándole mis mas sinceras gracias.

Al Dr. **JOSÉ ESPINOZA VELÁZQUEZ**, por su amistad, apoyo y sugerencias en la realización de este trabajo, así como el haber aceptado formar parte del jurado examinador.

A la M.C. **MARÍA CRISTINA VEGA SÁNCHEZ**, por su gran ayuda al asesorar y revisar este trabajo, por sus valiosos consejos y al haber aceptado formar parte del jurado examinador.

Al Dr. **ALFREDO DE LA ROSA LOERA**, por su asesoría y supervisión en el aspecto estadístico, e importante participación desinteresada para la

realización de este trabajo, así como también sus oportunas sugerencias y comentarios.

Deseo expresar mi más sincero afecto y cariño a la M.C. **Alma Rosa Peña Contreras** por su voluntad, dedicación y sus valiosos consejos, que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo.

Al compañero y gran amigo **Alejandro Arteaga Cabrera**, agradezco el apoyo que me brindó, para salir adelante con este trabajo.

A todo el personal que labora en la Compañía de Semillas **ASGROW MEXICANA, S.A de C.V.**, por su gran apoyo, sugerencias y aportaciones que de tal forma, participaron en la realización de este trabajo, especialmente a los Ingenieros de Control de Calidad y Producción.

A la familia **Amasende León**, que de una u otra manera contribuyeron en mi formación profesional, en forma especial al Ing. **Florentino Amacende León** y al M.C. **Sergio Amasende León**.

A mis compañeros de estudio y amigos que me brindaron su apoyo y amistad especialmente para: **Omar, Pepe, Pitaya, Sergio, Chito (P), Felipe, Nacho, Emmanuel (pelón), Luis, Regio, José, Tolú, Moy, Muso, Cardona, Javier, Saúl** y paisanos del Estado de Jalisco con quienes compartí tiempos felices y tiempos tristes que no he de olvidar.

A todas aquellas personas que indirectamente colaboraron en mi formación profesional y en el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de generación, a la **Sección Unica de Fitotécnia Generación LXXXV**, agradezco su amistad y apoyo, en especial a: **Javier, Mario, Jesús, Manuel, Erika, Roberto y Sergio**, a quienes nunca he de olvidar

INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS -----	iii
AGRADECIMIENTOS -----	vii
INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivos -----	2
Hipótesis -----	3
REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
Líneas -----	4
Aptitud combinatoria -----	5
Dialélicos -----	7
Cruzas dialélicas -----	8
Análisis de cruzas dialélicas -----	10
Predicción de cruzas -----	11
MATERIALES Y METODOS -----	14
Material genético -----	14
Características geográficas de Celaya, Gto. -----	15
Labores culturales -----	16
Variables evaluadas -----	16
Factor de conversión -----	19
Análisis dialélico -----	19
ANVA individual -----	21
ANVA combinado -----	23
Parámetros a estimar -----	25
RESULTADOS Y DISCUSION -----	28
CONCLUSIONES -----	47

RESUMEN -----	48
LITERATURA CITADA -----	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro	página
3.1 Cruzas simples obtenidas a partir del dialelo -----	14
3.2 Cuadro de análisis de varianza dialélico por localidad -----	21
3.3 Cuadro del análisis de varianza combinado -----	23
4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza individual en la localidad 1, de Celaya, Gto. -----	28
4.2 Cuadrados medios de los análisis de varianza individual en la localidad 2, de Celaya, Gto.-----	30
4.3 Cuadrados medios de los análisis de varianza combinado a través de las dos localidades, de Celaya, Gto. -----	32
4.4 Estimados de ACG, de ocho progenitores de maíz en la localidad 1, de Celaya, Gto. -----	33
4.5 Estimados de ACG de ocho progenitores de maíz, en la localidad 2, de Celaya, Gto. -----	35
4.6 Combinado de estimados de ACG para los ocho progenitores de maíz, en las dos localidades de Celaya, Gto. -----	35
4.7 Estimados de aptitud combinatoria específica (ACE) para las 28 combinaciones posibles, en las dos localidades de Celaya, Gto.-----	37
4.8 Rendimiento y características agronómicas de las cruzas evaluadas en la localidad 1, de Celaya, Gto. -----	38
4.9 Rendimiento y características agronómicas de las cruzas evaluadas en la localidad 2, de Celaya, Gto. -----	40
4.10 Combinado de rendimiento y características agronó- micas de las cruzas evaluadas en las dos localidades, de	

Celaya, Gto. -----	42
4.11 Estimado de varianza aditiva y de dominancia -----	44
4.12 Combinado de estimados de varianza aditiva y de dominancia en las dos localidades, de Celaya, Gto. -----	45

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético del maíz tiene como objetivo central el incremento del rendimiento, el cual además de ser un carácter complejo de naturaleza cuantitativa, debe ser acompañado simultáneamente por el mejoramiento de otra serie de caracteres de interés agronómico, tales como precocidad, altura de mazorca, resistencia al acame, pudrición de mazorca, prolificidad y cobertura de la mazorca, entre otros. Sin embargo, lograr un nivel aceptable de mejora en cada uno de estos caracteres en un mismo material es una tarea difícil, por ello, cuando se inicia la selección de un nuevo germoplasma, es importante conocer el tipo de acción génica presente para cada carácter bajo consideración y, con base en ello, elegir las estrategias de mejoramiento genético más apropiadas.

Los programas de mejoramiento de maíz que contemplan entre sus objetivos la producción de híbridos, tendrán una parte de sus actividades destinadas al desarrollo de líneas endógamicas, las cuales han de ser evaluadas por su potencial de rendimiento y demás caracteres, antes de ser utilizadas en la generación de las modalidades más

importantes en la explotación comercial del maíz, tales como: híbridos, sintéticos y variedades de polinización libre. Por lo que, desde el punto de vista del mejorador, el verdadero valor de una línea está determinado en última instancia debido a su aptitud combinatoria, esto es, por su comportamiento en cruzas, lo cual es particularmente válido para cada grupo de líneas sobre el cual se hace la estimación.

El concepto de aptitud combinatoria es útil para conocer el comportamiento de líneas endocriadas en cruzas y para conocer la importancia relativa de los tipos de acción génica involucrados en este comportamiento. La información adicional acerca de los efectos del ambiente de prueba sobre la aptitud combinatoria, puede guiar al fitomejorador en la utilización apropiada de estos materiales.

En el presente trabajo, con la utilización de ocho líneas endocriadas, fueron formadas todas las cruzas posibles, mediante el diseño cuatro de Griffing $P(P-1)/2$; cruzas directas. Donde P = número de progenitores evaluados en campo.

OBJETIVOS

- Obtener los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas y sus cruzas, respectivamente.
- Identificar cruzas de alto potencial agronómico y con tendencias a transmitir esas características, para la predicción de cruzas triples.

- Determinar la varianza aditiva y de dominancia para cinco caracteres agronómicos en las cruzas simples evaluadas.

HIPÓTESIS

- Del conjunto cruzas simples, existen algunas de comportamiento superior.
- Las características agronómicas de las cruzas simples, permiten la predicción de híbridos triples.
- La magnitud de las varianzas aditiva y de dominancia, será particular al carácter evaluado.

REVISIÓN DE LITERATURA

Líneas

Chávez y López (1987) señalan que los objetivos de la selección visual y pruebas tempranas de líneas son los siguientes:

1. Eliminar genes deletéreos.
2. Seleccionar líneas vigorosas.
3. Seleccionar líneas sobresalientes para formar híbridos superiores.
4. Ahorrar tiempo, dinero y trabajo, al eliminar líneas de baja aptitud combinatoria general.

Márquez (1988) cita que una línea endogámica es el conjunto de individuos resultante de una generación dada a otra, de un sistema regular de apareamiento endogámico.

Carlone y Rusell (1989) señalan que una alternativa mediante el uso de líneas altamente endogámicas, para la producción de maíz híbrido, será el empleo de líneas parcialmente endogámicas, seleccionadas en pruebas de generaciones tempranas, para su aptitud combinatoria y mantenidas por cruzamiento dentro de líneas (cruzamiento entre hermanos).

Aptitud Combinatoria

La aptitud combinatoria es la capacidad de una línea para transmitir su productividad a su progenie (Poehlman, 1983). La aptitud combinatoria general es el desempeño promedio de una línea en combinaciones híbridas (Jugen Heimer, 1981).

La aptitud combinatoria general se debe a efectos génicos aditivos, y es la estimación de la cuantía de los efectos de los genes de acción aditiva.

La estimación de la aptitud combinatoria de una línea endogámica es fundamental para la formación de híbridos y variedades sintéticas. Inicialmente, la aptitud combinatoria fue un concepto general, utilizado para la clasificación de una línea en relación con su comportamiento en cruzas; sin embargo, actualmente se estima en familias, variedades, cruzas simples o en cualquier material que se use como progenitor de una craza.

Se han sugerido varios métodos para medir la aptitud combinatoria general de líneas, el método de mestizos (línea por variedad) se ha usado extensivamente, para eliminar líneas desde las primeras generaciones de endogamia. Jenkins (1935;1940) menciona que las progenies endocriadas deben ser cruzadas con alguna población heterogénea, tal como la población original a una variedad sintética; así, las líneas menos deseables se eliminan en base al comportamiento de su progenie.

Un estudio de la heredabilidad de la aptitud combinatoria general fue realizado por Green (1948b) quién llegó a la conclusión que ésta es heredable, e infirió que el promedio de la aptitud combinatoria de las líneas probablemente no puede ser medido por un solo probador; mientras que los trabajos de Keller (1949) lo llevaron a concluir que dos probadores no son suficientes para evaluar líneas, ya que no las clasifican en igual orden, recomendando el uso de más de dos probadores.

Rojas y Sprague (1952) concluyeron que la aptitud combinatoria general en maíz, es relativamente más estable en localidades y años, que la aptitud combinatoria específica; en su estudio, los efectos aditivos casi no fueron influenciados por el ambiente en líneas de maíz seleccionadas; mientras que en materiales no seleccionados, ocurrió lo contrario.

Existe una alta correlación entre la aptitud combinatoria de las líneas en las primeras generaciones de autofecundación, con respecto a la aptitud combinatoria de las líneas altamente homocigóticas (Lonnquist, 1968).

El método más utilizado actualmente es el de prueba temprana, ya que con el se eliminan un gran número de líneas indeseables en las primeras generaciones (Richey, 1945; Green, 1948a ; Lonquist, 1950). El otro método igualmente explotado es el de cruces de prueba para evaluar la aptitud combinatoria general de líneas.

Dialélicos

En genética vegetal, cuando los investigadores disponen de una muestra de p líneas y efectúan cruces simples entre ellas, llamadas cruces dialélicas, los diseños de apareamiento de Griffing (1956) son de gran utilidad para evaluar diferentes aspectos genéticos asociados con las cruces, apoyándose para ello, en la realización de pruebas de hipótesis y en la estimación de parámetros. En ciertas especies vegetales, es posible utilizar a las líneas que participan en determinada cruce como padres, madres o para efectuar autofecundaciones, como es el caso del maíz. La elección de alguno de los diseños de Griffing depende de las cruces que se incluyan en el experimento; si se consideran las cruces en un sentido, es posible elegir a los diseños dos o cuatro, de Griffing, dependiendo de la participación o no de las autofecundaciones. En cambio, si se consideran además las cruces recíprocas, es posible elegir a los diseños, uno o tres de Griffing, respectivamente.

Metodología

El análisis de experimentos en cruza dialélicas, que utilizan alguno de los diseños de los tratamientos, de Griffing, establecidos en un diseño experimental de bloques completos al azar, se realiza a partir del modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + S_{ij} + m_i + l_{ij} + B_k + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = es el valor fenotípico observado de la cruza (i,j) en el bloque k

μ = un efecto común a todas las observaciones

g_i = el efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor i

S_{ij} = el efecto de la aptitud combinatoria especifica de la cruza (i,j)

m_i = el efecto materno del progenitor i

l_{ij} = el efecto recíproco de la cruza (i,j)

B_k = el efecto del bloque k

e_{ijk} = el error aleatorio correspondiente a la observación (i,j,k)

Los términos g_i , S_{ij} , m_i , l_{ij} y e_{ijk} se consideran como variables aleatorias normales no correlacionadas entre y dentro de ellas, con media cero y varianzas σ^2_g , σ^2_s , σ^2_m , σ^2_l y σ^2_e respectivamente, con $S_{ij} = S_{ji}$ y $l_{ij} = l_{ji}$.

Cruzas dialélicas

Las cruzas simples posibles que pueden obtenerse de un conjunto de líneas progenitoras, se denominan cruzas dialélicas, a través de las cuales se puede conocer el comportamiento de una línea en combinaciones híbridas, (Hayman 1954b; Kempthorne y Curnov 1961; Martínez, 1988)

Griffing (1956) presenta cuatro métodos para el análisis de cruzas dialélicas e introduce los cuatro diseños que llevan su nombre, los cuales son:

Diseño 1. Comprende las p autofecundaciones, un grupo de $p(p-1)/2$ cruzas directas y las recíprocas a estas.

Diseño 2. Incluye las p autofecundaciones y uno de los grupos de $P(P-1)/2$ cruzas

Diseño 3. Se ensayan un conjunto de $p(p-1)/2$ cruzas F1 y sus recíprocas.

Diseño 4. Comprende solo las $p(p-1)/2$ cruzas directas.

Se puede notar que los diseños 1 y 3 permiten la estimación de efectos maternos y recíprocos, además de los componentes de varianza, para aptitud combinatoria general y específica, particulares a los diseños 2 y 4 (Franco, 1979).

Kemthorne y Curnov (1961) refieren que las cruzas dialélicas son usadas para estimar los componentes genéticos de la variación entre los rendimientos de las cruzas,

además, discuten la eficiencia de las cruzas dialélicas para la predicción de las capacidades del rendimiento de varias cruzas y la estimación de la aptitud combinatoria general de cada una de las líneas, encontrando que el método es más eficiente que otros.

Existen algunos otros métodos de análisis de cruzas dialélicas dependiendo de la información requerida y el diseño dialélico utilizado, por ejemplo, Gardner y Eberhart (1966) han propuesto un método ampliamente usado para la evaluación de variedades, porque proporciona información sobre la base de efectos varietales, heterosis total y componentes de heterosis, acerca de la formación de poblaciones *per-se* y cruzas.

Hayman (1954 a) describe un análisis de varianza con pruebas de efectos aditivos y de dominancia, obtenida de una tabla dialélica, para la progenie resultante de este método.

Análisis de cruzas dialélicas

El término “cruzas dialélicas” se usa para indicar las cruzas que son posibles, con “p” progenitores (entre razas, variedades o líneas). Como se ha indicado en todo programa de mejoramiento, son necesarios varios pasos; de ellos, los siguientes dos son los mayormente relevantes:

- a) Hacer las cruzas

b) Evaluar las cruzas en ensayos de rendimiento, en varios ambientes.

Diversos métodos se usan para elegir a los progenitores que serán la base de un programa de mejoramiento, por cualquier modalidad de selección o de cruzamiento en la formación de híbridos. Tales métodos son:

- 1) El comportamiento *per - se* en varios ambientes.
- 2) El comportamiento de la craza donde intervienen como progenitores, lo cual se conoce como “la aptitud combinatoria de los progenitores”. En este caso, son muy propios la aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE).

Los términos ACG y ACE fueron definidos por Sprague y Tatum (1942) de la siguiente manera: es el comportamiento *promedio* de una línea en la formación de un conjunto de híbridos; mientras que el segundo, se usa para designar aquellas combinaciones que se comportan mucho mejor o mucho peor que lo esperado, en virtud del comportamiento de los progenitores. El método más simple para estimar A.C.G. y A.C.E. consiste en observar los promedios de los progenitores y de las cruzas respectivamente.

Predicción de cruzas

En base al comportamiento medio del rendimiento y otras características de las cruzas simples de progenitores, además de su AC, es posible predecir cruzas triples (CT) y cruzas dobles (CD).

Jenkins (1934) presentó cuatro métodos para la predicción de CD, tres de ellos utilizan información de las cruzas simples involucradas en la CD, mientras que el cuarto método solo incluye la información de los progenitores. Estos métodos son designados como A, B, C y D y se describen a continuación:

Método A. Media de las seis cruzas simples formadas con las cuatro líneas que se involucran en la CD.

Método B. Media de cuatro combinaciones binomiales de las líneas de la CD.

Método C. Media de cada línea de la CD, a través de todas las combinaciones que intervienen en las cruzas dialélicas.

Método D. Media de cada línea cuando se prueban progenitores.

Eberhart (1964) examinó cinco fórmulas para predecir rendimiento en CD, de éstas cuatro se mostraron iguales con la formación de CD, en ausencia de épistasis y propone un método de predicción de rendimiento de CD, cuando se considera la épistasis, usando las medias de CD y CT.

Hayes *et al* (1954) evaluaron CD y reportaron una buena concordancia de los resultados predichos y observados, al usar medias de cruzas simples, para predecir rendimientos de CD.

Otsuka *et al* (1972) compararon las eficiencias de predicción de los métodos B y C de Jenkins, encontraron que las diferencias entre ellos fueron muy pequeñas, pero la predicción óptima fue más eficiente por el método B. Estos autores recomiendan el desarrollo de cruzas simples apropiadas y predecir todas las CD y CT de interés, utilizando el método B.

Baker (1978) indica que la formación de cada progenie está dada por los componentes de aptitud combinatoria general (efectos medios), y la aptitud combinatoria específica (interacción), además, opina que si el cuadrado medio de la ACE no es significativo, la formación de una progenie puede ser adecuadamente predicha, sobre la base de la ACG.

Otro método es utilizando un [cuadro típico de cruzas] dialélicas para facilitar la predicción de CT y CD; López (1976) lo aplicó para rendimiento y otras características agronómicas, corroborando en su efectividad y fácil manejo.

Márquez (1974) señala que las predicciones hechas con respecto al rendimiento, permitirán hacer un mejor planteamiento general de su producción, si se cuenta con una variedad estable.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad de Celaya, Guanajuato, en el ciclo Primavera-Verano, en el año de 1998.

Material genético

El material genético utilizado en este trabajo de investigación se originó a partir de las cruzas simples posibles, entre ocho líneas de maíz con un nivel de endogamia S8, derivadas de diferentes poblaciones del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), tal como se denominan en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Cruzas simples obtenidas a partir del dialélico en el presente trabajo.

NUM. DE CRUZA Y ENTRADA	CRUZA
1	1 x 2
2	1 x 3
3	1 x 4
.	.
.	.
.	.

27	6 x 8
28	7 x 8

La formación de las cruzas se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano de 1997 en la localidad de Celaya, Gto. donde se realizaron los cruzamientos dialélicos entre los progenitores, dando un total de 28 cruzas simples. Las cruzas fueron evaluadas en el ciclo Primavera - Verano de 1998, en dos localidades representativas del Bajío Mexicano, en el municipio de Celaya, Gto. La localidad uno (L1) incluyó riego; la localidad dos (L2) fue bajo condiciones de temporal, ambas el mismo año.

Metodología previa a la evaluación

La siembra se efectuó para cada una de las localidades de manera independiente, de acuerdo a las fechas de siembra establecidas regionalmente. La parcela experimental en las dos localidades fue de un surco de 3.99 m de largo por 0.75 m de ancho, dando una área de parcela útil de 2.992 m²; con 21 plantas por surco y dos repeticiones por tratamiento. La siembra del material experimental se llevó al cabo en forma manual, depositando dos semillas por golpe, para posteriormente clarear a una planta por mata y así asegurar al número óptimo de plantas.

Características geográficas de Celaya, Guanajuato

Se considera una localidad representativa de la región del Bajío Mexicano muy importante para las actividades agrícolas, condición que la hace elegible como área para evaluaciones, en lo que se refiere al cultivo del maíz. Se sitúa a 20° 32' latitud norte; 100° 49' longitud oeste, con una altitud de 1 754 msnm; con una temperatura media anual de 20.6° C y una precipitación pluvial anual de 597.3 mm.

Labores culturales

Las labores culturales para cada una de los ambientes se realizaron durante todo el ciclo vegetativo del cultivo y en el momento oportuno, dando prioridad a las primeras etapas de crecimiento y desarrollo, de tal manera que se mantuvo libre de malezas al cultivo y se realizaron con el equipo requerido para dichas actividades.

La fórmula de fertilización aplicada (N-P-K), fue 180-90-00, la cual se distribuyó en dos partes; la primera al momento de la siembra (90-90-00), y el resto al primer cultivo, siendo iguales para ambas localidades.

Variables evaluadas

Las características que se midieron en los genotipos evaluados en las dos localidades fueron las siguientes.

Días a floración masculina (FM). Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas de la parcela presentaban 50 % de antesis.

Días a floración femenina (FH). Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas en la parcela presentaban 50 % de emergencia de estigmas.

Altura de planta (AP). Longitud, promedio en centímetros desde la base del tallo hasta la base de la espiga, de un muestreo de 10 plantas tomadas al azar en la parcela.

Altura de mazorca (AM). Longitud, promedio en centímetros tomada desde la base del tallo, hasta el nudo de inserción de la mazorca, de un muestreo de 10 plantas tomadas al azar.

Acame de raíz (AR). Por ciento de plantas en la parcela que tuvieron una inclinación mayor de 30 grados con respecto a la vertical.

Acame de tallo (AT). Por ciento de plantas en la parcela que se rompieron del tallo por debajo de la mazorca.

Mala cobertura (MC). Por ciento de plantas en la parcela cuyas brácteas no cubre el total de la mazorca.

Calificación de mazorca (CAL). Es el aspecto general de la mazorca donde el uno corresponde a la mazorca más uniforme, grande y con buenos atributos al mercado y el cinco corresponde a las mazorcas con más deficiencias.

Número de plantas cosechadas (NPC). Total de plantas cosechadas en la parcela útil.

Número de mazorcas cosechadas (NMC). Total de mazorcas cosechadas en cada parcela útil.

Peso de campo (PC). Expresado en kilos se determina en base al peso que posee el maíz en mazorca al momento en que se realiza la cosecha. Esta variable se expresa en peso seco (PS), usando la siguiente fórmula:

$PS = (1 - \%H) \times PC$, donde %H es el porcentaje de humedad del grano y PC es el peso de campo del conjunto de mazorcas de la parcela.

Rendimiento por hectárea (RE). Para estimar este rendimiento, se utilizó la siguiente metodología:

Se tomó una muestra aleatoria de 250 g de grano de varias mazorcas de la parcela, para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha, con un determinador Steinlite modelo RCT. Calculándose el por ciento de materia seca por diferencia con el

100 por ciento. 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 % de humedad, se obtuvo al multiplicar el peso de campo por un factor de conversión a tha^{-1} al 15.5% de humedad.

Factor de conversión (FC) El factor de conversión es utilizado para transformar el rendimiento de mazorca en toneladas, por unidad de superficie, al 15.5% de humedad, en todos los tratamientos, determinándose con la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{10,000m^2}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Donde:

FC = Factor de conversión a tha^{-1}

APU = Área de parcela útil (distancia entre surcos x distancia entre plantas x número óptimo de plantas por parcela) en metros.

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

1000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en ton/ha.

10,000 m^2 = Superficie de una hectárea.

Análisis dialéctico

Basándose en el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el Diseño 4 (el cual sólo incluye las cruzas directas F_1). El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + y_k + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico observado de la craza con progenitores i y j

μ = Media general.

g_i, g_j = Efecto de ACG del progenitor i o j .

s_{ij} = Efecto de ACE de la craza (ij)

e_{ijk} = Error experimental.

y_k = Efecto de la k - esima repetición.

$$i = 1, 2, \dots, p \quad p = 8$$

$$j = 1, 2, \dots, p \quad r = 2$$

$$k = 1, \dots, r \quad i < j$$

Se practicaron los análisis de varianza por localidad (Cuadro 3.2) y uno combinado (Cuadro 3.3) de acuerdo a los especificaciones para el Diseño 4 de Griffing.

Cuadro 3.2 Cuadro indicativo del análisis de varianza dialélico por localidad

Efecto	g.l.	s.c	CM
Bloques	$r-1$	$\frac{\sum_k 2Y^2_{..}}{p(p-1)} - \frac{2Y^2_{..}}{rp(p-1)}$	
Cruzas	$\frac{p(p-1)}{2} - 1$	$\frac{\sum_{i \neq j} Y^2_{ij.}}{r} - \frac{2Y^2_{..}}{rp(p-1)}$	
ACG	$p-1$	$\frac{\sum_{i=1}^p G^2_i}{r(p-2)} - \frac{4Y^2_{..}}{rp(p-2)}$	Mg
ACE	$\frac{p(p-3)}{2}$	SC(Cruzas)-SC(ACG)	Me
Error	Por diferencia	Por diferencia.	Error
Total	$\frac{rp(p-1)}{2} - 1$	$\sum \sum \sum Y^2_{ijk} - \frac{2Y^2_{..}}{rp(p-1)}$	

Los efectos se estimaron de la siguiente forma.

$$g_i = \frac{1}{p(p-2)}(pX_{i.} - 2X_{..})$$

$$s_{ij} = X_{ij} - \frac{1}{p-2}(X_{i.} + X_{.j}) + \frac{2X_{..}}{(p-1)(p-2)}$$

Donde:

g_i = Aptitud combinatoria general. (ACG) del i-ésimo progenitor.

s_{ij} = Aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruce entre el i-ésimo y j-ésimo progenitor.

p = Número de progenitores.

$X_{i.}$ = Total del progenitor i.

$X_{.j}$ = Total del progenitor j.

X_{ij} = Total de la cruce.

$X_{..}$ = Gran total.

Cuadro 3.3 Cuadro de análisis de varianza combinado.

Efecto	gl
Loc	$l - 1$
Rep/Loc	$r(l - 1)$
Cruzas	$n - 1$
ACG	$p - 1$
ACE	$p(p - 3) / 2$
Cruzas x Loc.	$(n - 1)(l - 1)$
ACG x Loc	$(p - 1)(l - 1)$
ACE x Loc	$p(p - 3)(l - 1) / 2$
Error	$l(n - 1)(r - 1)$
Total	$lnr - 1$

El modelo para el análisis de varianza combinado a través de localidades fue el siguiente.

$$Y_{ijknm} = \mu + \alpha_k + \beta_{n(k)} + \gamma_m + g_i + g_j + s_{ij} + (\alpha\gamma)_{km} + (g\alpha)_{ik} + (g\alpha)_{jk} + (s\alpha)_{ijk} + e_{ijknm}$$

Donde:

Y_{ijknm} = Dato observado en la cruza m en la repetición n de la localidad k formado por los progenitores i y j

μ = efecto de la media general.

α_k = efecto de la k -ésima localidad.

$\beta_{n(k)}$ = efecto de la n -ésima repetición dentro de la k -ésima localidad.

γ_m = efecto de la m -ésima cruza.

g_i, g_j = efecto de ACG del i -ésimo y j -ésimo progenitor.

s_{ij} = efecto de ACE entre el i -ésimo y j -ésimo progenitor.

$(\alpha\gamma)_{km}$ = efecto de la m -ésima cruza en la k -ésima localidad

$(g\alpha)_{ik}$ = efecto de ACG del i -ésimo progenitor en la k -ésima localidad.

$(g\alpha)_{jk}$ = efecto de ACG del j -ésimo progenitor en la k -ésima localidad.

$(s\alpha)_{ijk}$ = efecto de ACE entre el i -ésimo y j -ésimo progenitor en la k -ésima localidad.

e_{ijknm} = error experimental.

Los valores de sumas de cuadrados (SC) de ACG y ACE, se obtienen indirectamente, multiplicando el valor obtenido del ANVA combinado de esa fuente de variación por dos; en cuanto a la obtención del valor de ACGxLOC (en SC) se debe

emplear el valor de la SC de ACG de la primera localidad, para cierta característica más el valor de la SC de la segunda localidad, de esa misma característica, y el resultado de esa sumatoria se le resta el valor de SC de ACG del ANVA combinado, multiplicado por dos; un procedimiento semejante se sigue para obtener el valor de ACExLOC.

Parámetros a estimar

Para la determinación de la confiabilidad de los datos obtenidos para los análisis de varianza, se estimó el coeficiente de variación (CV) mediante la fórmula siguiente.

$$CV = \sqrt{\frac{CMEE}{\bar{X}}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación, expresado en porcentaje.

C.M.E.E = Cuadro medio del error experimental

\bar{X} = Media general del experimento

Al encontrar diferencias significativas, con el análisis de varianza se realiza la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), mediante la siguiente fórmula.

$$DMS = t_{\alpha / 2, glee} \left[\sqrt{\frac{2CMEE}{r}} \right]$$

Donde:

$t_{\alpha / 2, (glee)}$ = el valor de t a un valor de probabilidad de los grados de libertad del error.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

r = Repeticiones.

Los parámetros genéticos de interés son los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genotípica de la población original. Se supone que la varianza fenotípica de la población se divide en componentes genéticos y ambientales.

$\sigma^2 f = \sigma^2 G + \sigma^2 E$, considerando que $\sigma^2 G = \sigma^2 A + \sigma^2 NA$, así:

$$\sigma^2 f = \sigma^2 G + \sigma^2 E \text{ y desde que } \sigma^2 G = \sigma^2 A + \sigma^2 NA$$

$$\sigma^2 f = \sigma^2 A + \sigma^2 NA + \sigma^2 E,$$

Donde:

$\sigma^2 f$ = varianza fenotípica.

$\sigma^2 G$ = varianza genotípica.

$\sigma^2 A$ = varianza aditiva.

σ^2_{NA} = varianza no aditiva.

σ^2_E = varianza ambiental.

La varianza no aditiva se refiere a las varianzas de dominancia y epistática

De acuerdo con Sprague y Tatum (1942) los valores σ^2_g y σ^2_s calculados para los diferentes progenitores, son relativos y dependen de los progenitores incluidos en el estudio.

Valores pequeños de σ^2_g indican que el progenitor para el cual se estimó, tiene una ACG mediana entre el grupo incluido; mientras que valores altos de σ^2_g sugieren que los progenitores que lo tengan, tienen una ACG muy buena o muy mala, con respecto a valores pequeños σ^2_g . Por otro lado, valores pequeños de σ^2_s significan que los progenitores referidos tendrá una ACE promedio, mientras que valores altos de σ^2_s sugieren progenitores con aptitud combinatoria específica, o muy buena o muy mala.

Teniendo en cuenta que el nivel de endogamia de los progenitores es igual a uno. La estimación de los componentes genéticos aditivos y no aditivos se hizo a partir de los datos, en términos de varianzas de aptitud combinatoria general y específica.

La varianza de ACG y de ACE se obtiene mediante las siguientes fórmulas:

Varianza de ACG:

$$\sigma^2_g = \frac{Mg - Ms}{p - 2}$$

Varianza de ACE:

$$\sigma^2_s = \frac{Ms - Me}{r}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza para ensayos

Los resultados obtenidos de los análisis de varianza se encuentran concentrados en los Cuadros 4.1, 4.2 y 4.3, correspondientes a las dos localidades de Celaya Gto., y combinado respectivamente. La interpretación de los datos se refiere a los ANVA individuales y combinado, para algunas de las características agronómicas evaluadas que son: Días a floración masculina (FM); Días a floración femenina (FH); Altura de planta (AP); Altura de mazorca (AM) y Rendimiento (RE).

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza individual en la Localidad 1 de Celaya, Gto.

Efecto	gl	RE	FM	FH	AP	AM
Rep.	1	24.453*	0.286	0.161	825.446	2125.446
Cruzas	27	20.834**	16.754**	17.346**	907.854*	586.558*
ACG	7	18.700**	45.714**	48.613**	961.161	920.089**
ACE	20	21.581**	6.618	6.402	889.196*	469.821
Error	27	5.485	4.026	4.198	440.261	238.499
CV		14.249	2.520	2.538	6.909	10.131
Media		16.436	80	81	304	152
DMS		4.801	4.117	4.20	43.052	31.681

*,** significativo y altamente significativo, respectivamente

Basados en los resultados del ANVA para la localidad 1 de Celaya (Cuadro 4.1) se puede observar que para repeticiones hubo diferencias significativas a ($P \leq 0.05$) solo para la variable rendimiento (RE). Mientras que las demás características no presentaron diferencias significativas; atribuyendo lo anterior, a que el diseño de bloques fue efectivo solo para rendimiento, lo que indica que las repeticiones o el bloque fue eficiente para detectar la heterogeneidad del suelo donde se evaluó el experimento, para el resto de los caracteres el bloqueo no fue favorable. Dado que las condiciones del suelo fueron muy semejantes entre bloques.

Para la fuente de variación cruzas, se encontró diferencia al ($P \leq 0.01$) para las características RE, FM y FH; y diferencias solo al ($P \leq 0.05$) para AP y AM, lo que indica que al cruzar materiales con diferente información genética se producirán progenies muy variables para las características evaluadas, existiendo cruzas con alto

rendimiento y buenas características agronómicas, lo que permite identificar buenos híbridos.

Respecto a la aptitud combinatoria general (ACG) se encontró alta significancia para las variables RE, FM, FH y AM; no así para AP, que resultó no significativa. Las diferencias que presentaron estas variables reflejan que al menos una línea difiere de las otras en comportamiento, lo cual permitirá hacer selección entre las líneas, tomando aquellas que expresan mayor ACG.

En cuanto a la aptitud combinatoria específica (ACE) se detectaron diferencias al ($P \leq 0.01$) para RE, y de ($P \leq 0.05$) para la característica de AP, para las demás características agronómicas no fue significativo. Con lo que respecta a la aptitud combinatoria específica (ACE) para rendimiento y AP, se infiere que al menos una de las combinaciones es mejor o superior a las demás en estas características.

El coeficiente de variación en los diferentes caracteres estudiados en la localidad 1, fueron inferiores a 15 %, característica que permite confianza en los procedimientos experimentales.

Los resultados del ANVA para la localidad 2, concentrados en el Cuadro 4.2 no se encontró diferencia significativa en la fuente de variación repeticiones, para todas las características agronómicas evaluadas, indicando que los bloques tienen un comportamiento muy similar y los materiales no fueron afectados por las condiciones

climáticas y edáficas, ya que el suelo no presentó heterogeneidad, por lo que el diseño tal vez no sea el más adecuado.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios de los análisis de varianza individual en la Localidad 2, de Celaya, Gto.

Efecto	gl	RE.	FM	FH	AP	AM
Rep.	1	8.002	0.446	0.071	257.143	429.018
Cruzas	27	19.331**	17.764**	15.278**	708.995**	333.912*
ACG	7	22.497**	49.185**	44.119**	831.548**	544.494**
ACE	20	18.223**	6.767*	5.183	666.101**	260.208
Error	27	4.572	3.743	4.294	155.291	151.240
CV		14.693	2.388	2.527	4.984	8.976
Media		14.552	81	82	250	137
DMS		4.383	3.966	4.248	25.546	25.210

**, ** significativo y altamente significativo, respectivamente

Del ANVA aplicado a los datos de la localidad 2, se detectó alta significancia para cruzas en las variables de RE, FM, FH y AP, mientras que para el carácter AM se observó diferencias al ($P \leq 0.05$), lo que es indicativo que el conjunto de líneas progenitoras, utilizadas en las combinaciones producen híbridos con amplia variabilidad genética para RE y demás características, permitiéndonos seleccionar buenos híbridos.

Para la fuente de variación ACG, hubo diferencias al ($P \leq 0.01$) para todas las características agronómicas evaluadas, indicando que al menos uno de los progenitores o líneas difieren en ACG en cada una de las características bajo estudio.

En cuanto a la ACE hubo diferencias altamente significativas entre cruzas para la característica de RE y AP, y diferencia solo significativa para la variable FM. En los primeros tres casos, se atribuye que algunas combinaciones se están comportando

diferentes unas de otras, ya que algunas cruzas producen progenies mucho mejor que otras.

El coeficiente de variación en estos casos también fue inferior al 15 %, situación bastante confiable desde el punto de vista experimental.

El ANVA combinado permite señalar diferencias en el comportamiento de los materiales genéticos en ambientes contrastados. En este análisis se detectaron diferencias entre efectos cruzas, ACG y ACE para todas las variables pero no resultan de importancia las interacciones de estos efectos y localidad.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios de los análisis de variación combinado a través de las dos localidades en Celaya, Gto.

Efectos	gl	RE	FM	FH	AP	AM
Loc.	1	99.417**	75.571**	78.892**	81702.09**	6758.036**
Rep/Loc.	2	16.228*	0.179	0.304	541.295	1277.232**
Cruzas	27	34.855**	27.905**	31.791**	1452.803**	807.341**
ACG	7	34.967**	84.135**	94.095**	1705.241**	1308.798**
ACE	20	34.815**	8.224*	10.010**	1382.453**	633.326**
Cru x Loc	27	5.310	4.127	3.319	164.046	113.128
ACGx Loc	7	6.230	5.881	3.703	101.756	162.214
ACE*Loc	20	4.989	3.514	3.160	177.845	98.954
Error	54	5.029	4.160	3.970	297.776	194.825
CV		14.473	2.536	2.443	6.237	9.649
Media		15.493	80.428	81.535	276.651	144.642
DMS		3.179	2.891	2.824	24.463	19.788

*,** significativo y altamente significativo, respectivamente

En cuanto a la fuente de variación cruzas, se observaron diferencias al ($P \leq 0.01$) para todas las características agronómicas evaluadas, indicando que las cruzas producen una progenie muy estable para todas las variables; lo cual puede ser atribuido a la

variabilidad genética de los progenitores, haciendo posible la identificación de cruzas tardías o precoces, de porte alto o bajo y sobre todo, cruzas rendidoras.

La ACG presentó alta significancia para todas las variables evaluadas RE, FM, FH, AP y AM, indicando con ello que los progenitores de las cruzas tienen efectos agronómicos positivos para poder combinarse y formar híbridos.

En cuanto a la ACE, se muestran diferencias altamente significativas para las variables RE, FH, AP y AM, mientras que el carácter FM fue solo significativo, lo primero se atribuye a que la mayoría de los padres producen diferentes progenies híbridas para estos caracteres.

Por lo que respecta a la fuente de variación cruzas por localidad, ACG y ACE por localidad, se observó que todas las variables evaluadas no presentaron significancia alguna, lo que muestra que los materiales no fueron alterados por el medio ambiente.

Como era de esperarse, el CV en los análisis por carácter, fue muy semejante al calculado en su caso, por localidad.

Aptitud combinatoria

Los Cuadros del 4.4 al 4.7 muestran los valores calculados para la ACG por localidad y combinado, así como la ACE de las 28 combinaciones resultantes de los ocho progenitores evaluados.

Cuadro 4.4 Estimados de ACG de ocho progenitores de maíz en la Localidad 1, de Celaya, Gto.

Líneas	RE	FM	FH	AP	AM
1	-1.636	-.2979	-2.958	-11.770	-6.979
2	0.752	-2.479	-2.291	1.145	-1.562
3	-1.841	1.520	1.375	-12.187	-15.729
4	0.581	2.687	2.708	3.645	10.937
5	1.676	1.020	0.791	8.645	-1.562
6	0.843	-1.145	-1.125	0.312	4.687
7	-0.601	0.187	0.291	-3.02	0.520
8	0.224	1.187	1.208	13.229	9.687

Como se puede observar en el Cuadro 4.4 los mejores efectos positivos de ACG para rendimiento fueron obtenidos por las líneas 5, 6 y 2 las estimaciones de ACG para días a floración masculina y femenina , altura de planta y mazorca; revelaron que la línea 5 aumenta los días a floración en los dos sexos de sus progenies y aumenta la altura de planta y disminuye la de mazorca.

La línea 6 reduce los días a FM y FH y aumenta la altura de planta y de mazorca. La línea 2, presenta reducción en el tiempo a floración en macho y hembra, también en la variable altura de mazorca presentó disminución. Las líneas que exhiben reducción en FM y FH son la 1, y en segundo término La línea 2, por lo tanto la línea 1 es más precoz que la línea 2. Con relación a la altura de planta, los genotipos que presentan disminución para esta característica son las líneas 3, 1 y 7. Para la variable altura de mazorca las líneas que presentan reducción es la línea 3, 1 y las líneas 2 y 5.

En el Cuadro 4.5, se muestran las líneas que poseen mejor ACG para la Localidad 2 de Celaya, Gto., destacando por sus valores positivos mayores las líneas 5, 4 y 7. En cuanto a las características de la línea 5 para días a FM y FH y altura de planta se obtuvieron los valores de 1.395 y 1.125 días y 1.250 cm respectivamente, y reduce la altura de mazorca. La línea 4, posee aumento en todas sus variables, en cuanto a FM, FH, AP y AM, sin embargo, la línea 7 presenta aumento nada más para la variable de FH y en todas sus demás características presenta reducción

Para las variables de AP y AM las líneas que mostraron reducción son 1, 3 y 7, las líneas más precoces para floración macho y hembra son 1, 2 y 6, respectivamente.

Cuadro 4.5 Estimados de ACG de ocho Progenitores de maíz en la Localidad 2 de Celaya, Gto.

Líneas	RE	FM	FH	AP	AM
1	-2.586	-2.937	-3.125	-12.916	-11.770
2	-0.106	-2.104	-1.541	2.083	-0.104
3	-0.270	1.062	1.041	-5.000	-5.104
4	1.455	1.645	1.291	3.750	4.479
5	1.937	1.395	1.125	1.250	-2.604
6	-0.067	-1.687	-1.625	1.250	5.312
7	0.269	-0.020	0.208	-5.833	-0.104
8	-0.631	2.645	2.625	15.416	9.895

En el Cuadro 4.6 se muestra el comportamiento de los ocho progenitores bajo estudio, utilizando los datos en forma combinada, para la obtención de las mejores líneas con efectos positivos para ACG, en cuanto a todas sus características evaluadas y así

seleccionar los mejores progenitores sobresalientes, para que puedan ser utilizadas en otras combinaciones.

Cuadro 4.6 Combinado de Estimados ACG para los ocho progenitores de maíz en las dos localidades de Celaya, Gto.

Líneas	RE	FM	FH	AP	AM
1	-2.110	-3.000	-3.000	-12.333	-9.312
2	0.323	-1.833	-2.250	1.583	-0.979
3	-1.056	1.250	1.250	-8.583	-10.312
4	1.018	1.916	2.166	3.750	7.604
5	1.806	1.000	1.333	5.000	-2.145
6	0.388	-1.416	-1.333	0.750	5.187
7	-0.166	0.250	0.000	-4.500	0.104
8	-0.203	1.833	1.833	14.333	9.854

Los progenitores que poseen mejores efectos positivos de ACG son las líneas 5, 4, 6 y 2. Las estimaciones de ACG señalan que para la línea 5, presenta aumento para FM y FH de sus progenies y reduce la AM, en cuanto al segundo mejor progenitor, la línea 4, tiene la particularidad de producir progenies tardías, además contribuye al incremento de altura de planta y de mazorca.

La línea 6, reduce los días a FM y FH y aumenta la altura de planta y de mazorca. La línea 2, tiene la particularidad de producir progenies precoces y disminuye en altura de mazorca y contribuye al aumento de altura de planta.

La información obtenida de los ocho progenitores por su ACG para ambas localidades es de suma importancia, ya que permite observar el comportamiento de cada progenitor en ambos ambientes y su capacidad para combinarse; esto nos permite seleccionar aquellos más sobresalientes y con alto potencial agronómico heredable a generaciones subsecuentes e incluirlos en programas de mejoramiento genético.

A continuación, en el (Cuadro 4.7) se muestran las 28 combinaciones posibles del dialélico bajo estudio, en forma combinada, en base a su aptitud combinatoria específica ACE.

4.7 Estimado de aptitud combinatoria específica (ACE) para las 28 combinaciones posibles en las dos localidades de Celaya, Gto.

Progenitores							
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-2.372	1.565	2.510	0.537	-2.979	-0.868	1.607
2		4.481	-4.862	-1.092	4.024	-1.831	1.652
3			3.235	-2.202	-7.813	1.645	-0.911
4				-0.214	-0.795	2.219	-2.091
5					4.300	-1.904	0.576

6

2.417 0.846

7

-1.678

Se puede observar las cruzas que presentan mejor aptitud combinatoria específica (ACE) son la (2x3); (5x6) y (2x6) con valores de 4.481, 4.300 y 4.024 tha^{-1} respectivamente.

La calificación de las cruzas, tomando en cuenta variables adicionales a los discutidos hasta ahora, se concentran en los Cuadros del 4.8 al 4.10, que describen el orden descendente con base al rendimiento (RE). Las combinaciones mejor calificadas son las de alto rendimiento, asociados a reducciones en: acame, mala cobertura, sanidad para fusarium, y las mejor situadas en cuanto a duración del ciclo y porte de planta. Cabe señalar que las cinco cruzas más rendidoras no son, necesariamente las mejor calificadas.

Cuadro 4.8 Rendimiento y características agronómicas de las cruzas evaluadas en la Localidad 1 de Celaya, Gto.

CRUZAS	ACAME		MC	FP	HUM. %	RE Ton	FM	FH	AP Cm	AM Cm	CAL
	R	T									
5 x 6	3	0	2	0	18.9	23.256	80	81	320	150	2
2 x 6	4	1	0	1	20.9	22.057	76	77	320	173	3
2 x 3	5	1	2	0	16.1	19.828	79	80	300	128	3
6 x 7	3	0	2	1	21.5	19.095	81	82	298	158	2
2 x 8	4	2	2	2	18.3	19.066	79	80	310	165	3
5 x 8	2	1	4	1	17.2	18.913	83	84	330	155	3
4 x 7	7	0	2	0	21.8	18.636	83	84	310	170	2
4 x 5	2	0	1	1	19.1	18.479	84	85	320	163	2
3 x 4	7	1	1	2	19.4	18.411	84	85	305	163	1

6 x 8	5	2	3	3	21.2	18.350	78	79	338	188	2
1 x 4	2	1	3	1	17.0	17.892	81	82	298	150	3
2 x 5	3	1	0	2	19.4	17.773	77	78	315	153	2
4 x 6	1	1	1	1	15.4	17.066	81	81	303	170	2
1 x 5	2	0	7	4	13.1	17.014	76	77	290	160	3
1 x 8	2	1	1	3	15.9	16.632	77	78	290	140	3
3 x 7	7	0	4	0	18.9	15.638	78	79	308	153	3
5 x 7	3	1	5	2	17.8	15.606	79	81	285	130	3
4 x 8	4	1	1	2	20.2	15.150	84	85	320	170	3
2 x 7	7	1	2	1	17.1	14.755	80	80	315	155	3
1 x 3	2	7	4	7	15.1	14.524	79	81	288	140	3
7 x 8	4	1	6	3	16.9	14.380	84	85	308	165	3
3 x 5	2	0	2	2	21.4	14.068	85	87	318	148	3
3 x 8	7	1	2	2	18.7	13.908	82	83	310	143	3
1 x 7	2	4	4	5	17.8	13.330	76	77	285	140	3
1 x 2	1	3	4	6	14.0	13.181	77	77	280	138	3
2 x 4	2	2	2	2	17.9	12.908	78	80	293	148	4
1 x 6	3	1	1	5	17.9	12.665	76	77	325	158	3
3 x 6	5	2	2	1	22.9	7.624	81	82	225	100	4
X	3	1	2	2	18	16.436	80	81	304	152	3

Se presentan los caracteres agronómicos de las mejores cruzas de la localidad 1, como se puede observar la craza 23 (5x6) es la más sobresaliente en la variable rendimiento, está craza se encuentra formada por los progenitores 5 y 6, ya que estos progenitores tienen buenos efectos positivos de ACG; en lo que respecta a FM y FH tienen valores aceptables, mientras para las variables de AP y AM se puede observar que en altura de planta se encuentra con valores arriba de su media y en altura de mazorca presenta un valor aceptable; para los demás efectos evaluados observamos para acame de raíz y tallo presenta valores aceptables, mientras para mala cobertura y fusarium de planta se puede notar que estas características son aceptables. Por otro lado, en referencia a la pudrición de mazorca, presenta un valor por debajo de su media, que

es aceptable respectivamente, la cruza 11 (2x6), además de mostrar buen rendimiento se observó que es más precoz con cuatro días, tiene mayor altura de planta y de mazorca, y presenta acame de raíz con un valor por encima de su media; para las variables de mala cobertura, fusarium de planta y pudrición de mazorca, se observa que presentan valores aceptables; como se puede notar, las cruzas 23 y 11, son dos de las mejores cruzas para esta localidad.

En el Cuadro 4.9 se presentan las 28 combinaciones posibles del dialélico y demás caracteres agronómicos de las cruzas en la Localidad 2 de Celaya, Gto.

Cuadro 4.9 Rendimiento y características agronómicas de las cruzas evaluadas en la Localidad 2 de Celaya, Gto.

CRUZAS	ACAME		MC	FP	HUM. %	RE Ton.	FM	FH	AP cm	AM cm	CAL
	R	T									
5 x 6	3	0	1	0	25.9	18.758	80	81	248	135	2
4 x 7	1	1	2	0	18.7	18.490	83	84	240	135	2
2 x 3	3	1	3	1	21.5	18.397	80	81	263	140	3
3 x 5	3	0	2	1	23.3	17.899	86	87	258	135	2
4 x 6	1	0	5	1	25.8	17.756	80	82	263	155	2
6 x 7	1	1	3	0	19.5	17.353	79	80	240	145	2
2 x 5	0	1	1	1	16.7	16.721	80	80	235	133	3
2 x 6	0	0	1	1	20.8	16.525	79	79	280	155	2
6 x 8	3	1	4	1	18.9	15.959	83	83	268	163	3
1 x 4	1	1	3	2	17.4	15.927	79	81	235	128	2
4 x 5	0	1	2	0	23.1	15.893	85	87	255	138	3

1 x 5	2	1	1	6	13.1	15.553	77	78	243	128	3
3 x 4	2	0	0	1	21.9	15.523	84	86	258	140	3
4 x 8	2	2	2	1	20.8	15.271	85	87	275	153	3
5 x 8	1	2	1	2	22.9	15.019	85	87	265	143	3
2 x 8	2	1	2	1	18.3	14.946	82	83	270	143	3
3 x 7	2	1	7	2	20.3	14.343	83	84	248	133	3
5 x 7	0	2	3	2	21.6	13.644	84	86	253	133	3
1 x 7	1	5	7	6	16.4	13.475	76	77	225	125	3
1 x 3	1	2	5	4	16.5	13.376	78	80	240	135	3
1 x 8	2	1	2	3	17.6	13.200	83	84	235	125	3
2 x 7	3	2	1	3	18.3	13.088	80	81	243	140	3
7 x 8	7	2	2	3	16.8	13.081	86	87	265	148	3
2 x 4	2	3	3	3	18.7	11.737	81	81	245	138	3
3 x 8	1	1	5	1	21.2	10.597	83	83	263	145	4
3 x 6	3	2	2	2	21.4	10.104	82	84	190	100	4
1 x 2	2	5	1	7	12.2	9.811	80	81	225	110	4
1 x 6	0	2	0	7	19.7	5.002	78	80	268	138	4
x	2	1	2	2	20	14.552	81	82	250	137	3

La cruz 23, es decir la combinación (5x6) es la mejor calificada en RE tanto en la localidad 1, como en la 2, tiene la particularidad de ser precoz, sin embargo, presenta otras características con ligeras desventajas como: en tamaño de altura de planta posee un aumento, mientras la variable altura de mazorca se encuentra dentro de un rango aceptable en base a su media; con lo que respecta a las variables de: acame de raíz, tallo, mala cobertura, fusarium de planta y pudrición de mazorca, se encuentran dentro de un rango aceptable, mientras para la característica acame de raíz presenta un valor por arriba de su media. En cuanto a la segunda mejor combinación es la 21 (4x7), con un RE de 18 490 ton/ha, pero dicha combinación tiene una reducción en la altura de planta y de mazorca. Para las variables de floración macho y hembra, presenta la característica

de ser tardía, mientras para las variables de acame de raíz, tallo, mala cobertura, fusarium de planta y pudrición de mazorca, tienen valores aceptables.

En el Cuadro 4.10 se indican las 28 combinaciones posibles bajo estudio en forma combinada del dialélico evaluado en las dos localidades de Celaya, Gto.

Cuadro 4.10 Combinado de rendimiento y características agronómicas de las cruzas evaluadas en las dos localidades de Celaya, Gto.

CRUZAS	ACAME		MC	FP	HUM. %	RE Ton.	FM	FH	AP Cm	AM cm	CAL
	R	T									
5 x 6	3	0	2	0	22.4	21.007	80	81	284	143	2
2 x 6	2	0	1	1	20.9	19.291	77	78	300	164	2
2 x 3	4	1	2	1	18.8	19.112	79	80	281	134	3
4 x 7	4	0	2	0	20.3	18.563	83	84	275	153	2
6 x 7	2	1	2	1	20.5	18.224	80	81	269	151	2
4 x 6	1	0	3	1	20.6	17.411	81	81	283	163	2
2 x 5	1	1	1	1	18.1	17.247	78	79	275	143	2
4 x 5	1	1	1	0	21.1	17.186	84	86	288	150	3
6 x 8	4	2	3	2	20.1	17.154	80	81	303	175	2
2 x 8	3	2	2	2	18.3	17.006	80	81	290	154	3

3 x 4	4	0	1	1	20.7	16.967	84	85	281	151	2
5 x 8	1	1	3	1	20.1	16.966	84	85	298	149	3
1 x 4	1	1	3	1	17.2	16.909	80	81	266	139	2
1 x 5	2	1	4	5	13.1	16.284	76	77	266	144	3
3 x 5	3	0	2	1	22.4	15.983	85	87	288	141	3
4 x 8	3	1	1	1	20.5	15.211	84	86	298	161	3
3 x 7	5	0	5	1	19.6	14.991	80	81	278	143	3
1 x 8	2	1	2	3	16.8	14.916	80	81	263	133	3
5 x 7	2	1	4	2	19.7	14.625	82	83	269	131	3
1 x 3	2	4	4	5	15.8	13.950	78	80	264	138	3
2 x 7	5	1	1	2	17.7	13.921	80	80	279	148	3
7 x 8	5	1	4	3	16.9	13.731	85	86	286	156	3
1 x 7	1	4	6	5	17.1	13.402	76	77	255	133	3
2 x 4	2	2	2	2	18.3	12.323	79	80	269	143	3
3 x 8	4	1	3	1	20.0	12.252	82	83	286	144	3
1 x 2	1	4	2	6	13.1	11.496	78	79	253	124	3
3 x 6	4	2	2	2	22.2	8.864	81	83	208	100	4
1 x 6	1	2	0	6	18.8	8.833	77	78	296	148	3
X	2	1	2	2	18.9	15.494	80	82	277	145	3

En el Cuadro 4.10 se observa que la craza más sobresaliente para la característica rendimiento es la 23 (5x6), ya que dicha craza es la mejor para ambas localidades, esto se atribuye a que los progenitores que forman esta craza tienen buenos efectos positivos de ACG, para las variables días a FM, FH y altura de mazorca, presentan un valor por debajo de su media; mientras la variable altura de planta, muestra un valor por encima de su media; las características de acame de tallo, mala cobertura, fusarium y pudrición de mazorca, se puede observar que se encuentra dentro de un rango aceptable. La craza 11 (2x6), esta combinación es la segunda, para la variable en rendimiento, con un valor de 19 291 ton/ha; con lo que respecta a floración esta craza es más precoz, además posee la particularidad que contribuye al incremento de altura de planta y de mazorca,

mientras que las características de acame de tallo, raíz, mala cobertura, fusarium de planta y pudrición de mazorca, todas se encuentran dentro de un rango aceptable.

En este cuadro se concentra una fuente de información básica para el mejorador, en el cual encontramos las características propias de cada cruzamiento y a partir del cual podemos identificar que combinaciones son las más sobresalientes.

Estimación de varianzas

A continuación se presentan los estimados de varianza aditiva y de dominancia en las dos localidades evaluadas, en Celaya, Guanajuato.

De los resultados de los componentes de varianza genética (Cuadro 4.11) se puede observar que en ambas localidades para la característica de RE, presenta varianza de dominancia; esto es una evidencia de que existe una mayor contribución de efectos no aditivos para esta variable. Por otra parte, las variables de FM y FH en ambas localidades presentan una mayor varianza aditiva, componente que denota a una mayor contribución de efectos aditivos con las propiedades que son heredables, por último, se observa que para las variables altura de planta y altura de mazorca presentan mayor varianza de dominancia.

Cuadro 4.11 Estimado de varianza aditiva y de dominancia.

Características Agronómicas	Localidad 1		Localidad 2	
	Aditiva	Dominancia	Aditiva	Dominancia
RE	-0.4801	8.048	0.7123	6.825
FM	6.516	1.296	7.069	1.512
FH	7.035	1.102	6.489	0.444
AP	11.994	224.467	27.574	255.405
AM	75.044	115.706	47.381	54.484

El Cuadro 4.12 se muestra la estimación de componentes de varianza con los datos combinados. Aquí se puede constatar la prevalencia de la varianza aditiva en los caracteres rendimiento y alturas de planta y mazorca. Las únicas variables que presentan varianza aditiva, que es heredable, en ambas localidades son FM y FH, para estos casos se asume que el comportamiento de los híbridos es debido a la información de los progenitores.

Cuadro 4.12 Combinado de estimados de varianza aditiva y de dominancia en las dos localidades de Celaya, Gto.

Varianzas	RE	FM	FH	AP	AM
σ^2_A	2.966	6.231	6.908	26.202	56.057
σ^2_D	7.220	0.698	1.581	253.710	108.79

Como podemos observar en los resultados las variables de RE, AP y AM presentan mayor varianza de dominancia, esto indica que existe gran influencia de los efectos no aditivos para la expresión de estos caracteres, razón por la cual su mejoramiento es más complicado; mientras para las variables FM y FH, observamos que

existe mayor varianza aditiva en la expresión de estos caracteres. De ello se puede inferir que estos caracteres son más fáciles de mejorar en los individuos.

Predicción de cruzas triples

Una vez que se han seleccionado las mejores líneas de más alta ACG se procede teóricamente a formar las cruzas simples y con ellas, la formación de cruzas triples y hacer su predicción de rendimiento, siguiendo el método B, propuesto por Jenkins (1934).

De acuerdo con el cálculo de ACG, utilizando los datos combinados (Cuadro 4.6), las mejores líneas fueron 5, 4, 6 y 2, al aplicar el procedimiento para predicción obtuvimos las siguientes cruzas triples:

$$(4 \times 6) \times 5 = 17.186 + 21.007/2 = 19.096 \text{ ton/ha.}$$

$$(6 \times 5) \times 4 = 17.411 + 17.186 /2 = 17.298 \text{ ton/ha.}$$

$$(4 \times 5) \times 6 = 17.411 + 21.007/2 = 19.209 \text{ ton/ha.}$$

$$(2 \times 4) \times 6 = 19.291 + 17.411/2 = 18.351 \text{ ton/ha.}$$

$$(6 \times 4) \times 2 = 19.291 + 12.323/2 = 15.807 \text{ ton/ha.}$$

$$(2 \times 5) \times 4 = 12.323 + 17.186/2 = 14.754 \text{ ton/ha.}$$

$$(2 \times 6) \times 5 = 17.247 + 21.007/2 = 19.127 \text{ ton/ha.}$$

$$(2 \times 4) \times 5 = 17.247 + 17.186/2 = 17.216 \text{ ton/ha.}$$

Como se puede observar la mejor cruza triple predicha es la (4 x 5) x 6, con un valor de 19 209 ton/ha. y la segunda mejor es la (2 x 6) x 5, con un valor de 19 127 ton/ha, respectivamente. Se espera que con estos híbridos predichos sea mayor la posibilidad de explotar comercialmente el vigor híbrido que se manifiesta en las cruzas simples, que por su condición e implicaciones no son factibles de explotarse directamente.

CONCLUSIONES

Los progenitores que presentan mejores efectos de ACG, para la característica de rendimiento son ; el 5, 4 y el 6, en cuanto a floración, los que originan progenies precoces tanto en floración macho como hembra son los progenitores 1, 2 y 6.

Las mejores combinaciones evaluadas y seleccionadas en base a su buen potencial agronómico son: la combinación 23 formada por los progenitores (5 x 6); y la combinación 11, formada por los progenitores (2 x 6).

Los caracteres agronómicos analizados que reciben una gran influencia de los efectos del tipo no aditivo, para manifestar su comportamiento, son rendimiento y alturas de planta y mazorca, mientras que los que su expresión depende preferentemente de los efectos aditivos de los progenitores son días a floración macho y hembra.

Por lo que respecta a las mejores cruzas triples predichas, son la $(4 \times 5) \times 6$ y la segunda es la $(2 \times 6) \times 5$.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico de ocho progenitores y realizar todas las combinaciones posibles, para decidir en base a sus características agronómicas, cuales son las mejores.

El material genético utilizado consta de 28 cruzas simples, formadas a partir de ocho progenitores, con un nivel de endogamia S8, derivadas de diferentes poblaciones

del Instituto Mexicano del Maíz, “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, seleccionados por su buen comportamiento agronómico en Celaya, Guanajuato, México y obtener los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), de las líneas y sus cruzas respectivas; identificar curzas de alto potencial agronómico y con tendencias a transmitir esas características para la predicción de cruzas triples, determinar la varianza aditiva y de dominancia para cinco caracteres agronómicos, en las cruzas simples evaluadas. Donde un ensayo fue evaluado bajo riego y otro en temporal, las variables evaluadas fueron: días a floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca y rendimiento; también se tomaron en cuenta los caracteres acame de raíz, y tallo, proporción de mazorcas podridas, mala cobertura y plantas con fusarium; la evaluación se llevó a cabo bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, en dos localidades.

Destacan entre los resultados, diferencias significativas entre cruzas y calificación de líneas por su ACG superior, lo que permite seleccionar progenitores para la formación de híbridos de buen potencial.

En lo que ACG corresponde, sobresalen por su capacidad de rendimiento, los progenitores 5, 4 y el 6; para las variables de floración, los progenitores más precoces fueron el 1, 2 y 6.

Las mejores cruzas triples predichas, destacan la $(4 \times 5) \times 6$ y $(2 \times 6) \times 5$ las cuales se proyectaron con rendimientos de 19.2 y 19.1 tha^{-1}

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, V.L. and Kempthorne, O. 1954. A model for study of quantitative Inheritance. *Genetics* 39:883-98.
- Baker, R.J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Sci.* 18: 533-536.
- Castro, G.A. 1989. Evaluación de cruza simples de maíz tropical, predicción de cruza triples y dobles y parámetros de estabilidad. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro". Buenavista, Coahuila, México 80 p.
- Chávez, A.J.L. y E. López 1987. Apuntes de mejoramiento de plantas II. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cockerham, C.C. 1967. Prediction of double crosses from single crosses. *Der Zuchter* 37: 160-169.
- Coutiño, E.B. 1982. Variabilidad genética de cruza dialélicas de maíz formados con poblaciones tropicales sobresalientes. Tesis de Maestría Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 141.

- Dudler, J.W. and R., Moll. 1969. Integration and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* 9 (3) 257-262.
- Eberhart, S.A. 1964. Theoretical relations among single three way and double cross hybrids. *Biometrics.* 20;522-539.
- Franco D. J.E. 1979. Experimentos de Griffing para cruzas dialelicas en bloques incompletos balanceados. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio Postgraduados. Chapingo, México. 80p.
- Gardner, C.O. and S.A. Eberhart. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22:439-454.
- Gómez, M,N., R. Valdivia B. y H. Mejía A. 1988. Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 11:103-120.
- González, L., J. 1996. Integración de un patrón heterótico a partir de un dialelico de diez líneas de maíz subtropicales. Tesis Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Guevara, Y.,S.L. Análisis dialélico de doce híbridos comerciales de maíz para su caracterización genética. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.
- Green, J.M: 1948 b. The inheritance of combining ability in maize hybrids *Jour. Amer. Soc. Agron.* 40:58-63.
- Griffing, B. 1956a. A generalized treatment use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* 10:31-50.
- _____, 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. Jour. Biol. Sc* 9:463-491.
- _____, H. W. Lundy, M.C. Lutrick and W.H: Chapman. 1973. Comparisson of three methods of recurrent selection in maize. *Crop Sci.* 13:485-489.
- Hayes, H.K., F.R. Immer and D.c. Smith. 1954. *Methods of plants breeding.* Second edition. McGraw Hill Book Company Inc. 551 p.
- Hayman, B.Y. 1954b. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39:789-809.
- _____, 1954b. The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics* 10:253- 244.
- Jenkins, M.T. 1934. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. *J. Am. Soc. Agron.* 26:199-204.

- Jenkins, M.T. 1935. The effect of inbreeding and of selection withing inbred lines of maize upon the hybrids mode, after sucesive generations of selfing. Iowo State Coll, Jour. Sci. 9:429-435.
- Jinks, J.L. and B. Y. Hayman 1953. The analysis of diallel crosses maize genetics. Cooperation News Letter 48-54.
- Jugen Heimer, R.W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Ed. Limusa, S.A. México p. 132.
- Kambal, A.E. and O.j. Webster. 1965. Estimates of general and specific combining abiltly in grain sorghum (*Sorghum vulgare*) Pers. Crop Sci. 5:521-523.
- Kempthorne, O. And R.N. Cournow. 1961. The partial diallel cross. Biometrics. 17:229-250.
- Kempthorne, O. 1957. An introduction to genetics statistics JohnWilley and Sons. New York.
- Keller, K.R. 1949. A comparison involving the number of and relation ship between, tester in evoluating inbred lines of maize. Agron. J. 41:323-331.
- Lonnquist, J.H. and C.O. Gardner. 1966. Teoría genética estadística y procedimientos útiles para el estudio de las variedades y cruzamientos intervarietales de maíz. CIMMYT. Folleto de investigación No.2. México, D.F.
- Lonnquist, J.H. 1950. The Effect of selection for combining ability withing segregation lines of corn. Agron. J. 42:503-508.
- López, P.E. 1976. Cruzas dialélicas en maíz superenano y predicción de cruzas triples y dolbes. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p46.
- López, P.E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Folleto de divulgación Vol. 1. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México p.2-5.
- Martínez, G., A.1975. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. México 252 p.
- Márquez, S.F. 1974. El problema de la interacción genética ambiental en genotecnia vegetal. Patena, A.C. Chapingo, Méxic. P138.
- Márquez, S.F. 1988. Genatecnia vegetal. Tomo II.A.G.T. editor, S.A. México p. 1-343

- Montáñez, C. y A. Warman. 1985. Los productores de maíz en México: Restricciones y alternativas. Centro de Ecodesarrollo. México 226 p.
- Molina – Galan, J.D. 1968. Generation mean components and their ships relation with epistatic effects in diallel crosses involving genetics. North Carolina State University.
- Osler, R.D., E.J. Whausen and G. Palacios. 1958. Effect of visual selection during inbreeding upon combining ability in corn. *J.* 50:45-48.
- Otsuka, Y., S.A. Eberharth and W.A. Rusell. 1972. Comparisons of prediction formulas for maize hybrids. *Crop Sci.* 12(3):315-331.
- Pesev, N. 1978. Combining ability of maize inbred lines from different source material. *Genetika* 10:253-262. Moscú.
- Poehlman, M.J. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. 1. Ed. Edit. Limusa, México.
- Rawling, J.O. and C.C. Cockerham. 1962. Analysis of double cross, hybrid populations. *Biometrics* 18-229-244.
- Richey, 1945. Isolating better foundation inbreds for use in corn hybrids. *Genetics* 30:456-471.
- Rojas, B. And G.F. Sprague. 1952. A comparicsion of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agron. Journal* 44:462-466.
- _____, S.A. Eberhart and U.A. Vega O. 1973. Recurrent selection for specifrica combining ability for yield in two maize populations. *Crop. Sci* 13:257-261.
- _____, and P.A. Miller. 1952. The influence of visual selection during inbreeding on combining ability in corn. *Agron. J.* 44:258-262. U.S.A.
- _____, and L.A. Tatum 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Sprague G. F. and L.A. Tatum. 1942. General versus specific combining ability in ingle crosses of corn. *Jour. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Singh, D. 1973. Diallel analysis for combining ability over several environments II. *Indian Jorunal of Genetics Plant Breeding.* 33(3):169-481.
- Villanueva, V,C,S. Villanueva R. y E. Sánchez G. 1994. Cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz. *Memorias.* 11° Congreso Latinoamericano de

Genética y XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, N.L. 25-30 de Septiembre p. 409.

_____, F. Castillo G. y J.D. Molina G. 1994. Aprovechamiento de cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: Análisis de progenitores y cruas. Rev. Fitotec. Méx. 17: 175-185.