

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Interpretación del potencial genético del grupo germoplasmico Ideotipo de maíz
evaluado en cinco ambientes de el Bajío.

Por

GREGORIO MUSITO RAMÍREZ

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener El Titulo De:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo Coahuila, México

Diciembre del 2004

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Interpretación del potencial genético del grupo germoplasmico Ideotipo de maíz
evaluado en cinco ambientes de el Bajío.**

Por

GREGORIO MUSITO RAMIREZ

Aprobada y supervisada por el comité de tesis para obtener el titulo de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION

COMITÉ PARTICULAR

M.C. Humberto de León Castillo
Presidente del jurado

Dr. Gaspar Martínez Zambrano
Sinodal

Ing. José A. de la Cruz Bretón
Sinodal

M.C. Arnoldo Oyervides García.
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo Coahuila, México
Diciembre del 2004

DEDICATORIAS

A **Dios Nuestro Señor** por haberme permitido realizar satisfactoriamente una de mis grandes metas y por ser luz que a guiado mi camino. Gracias Dios por darme una familia maravillosa a la que quiero infinitamente.

A MIS PADRES:

Sr. Vidal Musito Toríz

Sra. Heriberta Ramírez Úrzua

Dedicando este trabajo con mucho cariño especialmente para ustedes por ofrecerme la mejor herencia que pudieron darme una profesión, esperando que con esto vean realizado un poco del mucho esfuerzo que han puesto en mi formación.

A MIS HERMANOS:

Ethel
Arturo
Laura
Noé

Eduardo
José
Alejandra
José Guadalupe

Eulalio
Benigno
Reyna
M^a Elena

Por el apoyo moral y económico brindado durante mi estancia en la universidad.

A mis sobrino que con juegos y sonrisas dan alegría y felicidad al hogar.

En especial a mi sobrino Abraham D'J. y STAFF TÉCNICO de Luz y Sonido Impacto.

A mi amigo Fernando Josué Pliego Hernández por los momentos gratos e inolvidables que compartimos y por tu verdadera amistad noble y sincera.

A mi compañero y amigo M.C. Jesús Rodríguez de la Paz por su valiosa amistad y su inmensa alegría contagiante.

AGRADECIMIENTOS

A mi apreciable **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme permitido realizar el sueño de alcanzar los estudios de licenciatura en esta institución.

De manera muy especial mi mas profundo agradecimiento al Ing. M.C. Humberto de León Castillo, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, así como su apoyo, amistad y acertada asesoría.

Al Dr. Alfredo de la Rosa Loera por su valiosa colaboración en el análisis estadístico y por su apoyo durante mi estancia en la universidad, además de ser un gran amigo.

Al Dr. Gaspar Martínez Zambrano por sus observaciones y sugerencias en la realización del presente trabajo.

Al Ing. José A. de la Cruz Bretón, por su amistad y apoyo brindado durante mi formación profesional, así como sus observaciones y comentarios en la presente investigación.

Al Ing. Daniel Samano Garduño, por su amistad y valioso apoyo brindado en todo momento.

A mis compañeros de la especialidad de Ingeniero Agrónomo en Producción por los momentos agradables y felices que compartimos a lo largo de nuestra formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS-----	iii
AGRADECIMIENTOS-----	iv
Indice de contenido-----	v
Indice de cuadros-----	vi
INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivos e Hipótesis -----	3
REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
Mejoramiento Poblacional-----	6
Aptitud combinatoria-----	7
Componentes de Varianza-----	10
Heterosis-----	11
Heredabilidad-----	12
MATERIALES Y MÉTODOS -----	14
Material genético -----	14
Descripción del grupo Ideotipo-----	14
Localidades de evaluación -----	14
Descripción de la parcela experimental-----	15
Labores culturales-----	16
Variables experimentales -----	16
Análisis Dialélico-----	18
Modelo estadístico -----	19
Formulas para estimar efectos en ACG y ACE para el diseño IV de Griffing	19
Estimación de parámetros genéticos-----	20
Estimación de varianzas y error estándar -----	21
RESULTADOS Y DISCUSIONES -----	24
CONCLUSIONES -----	
RESUMEN -----	
LITERATURA CITADA -----	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
3.1	Características de las cinco localidades experimentales ----- 14
3.2	Líneas progenitoras que forman el grupos Ideotipo----- 15
3.3	Estructura del análisis combinado correspondiente a el diseño IV de Griffing (1956)----- 19
4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado a través de cinco localidades (Celaya, Gto. 2002, La Piedad, Mich., General Cep. Coah, Celaya, Gto. 2003 y El Prado N. L.) correspondiente a la población Ideotipo----- 24
4.2	Efectos de ACG para líneas progenitoras y características evaluadas a través de cinco localidades en la población Ideotipo----- 27
4.3	Efectos de ACE para las características evaluadas bajo un análisis combinado a través de cinco localidades, correspondientes a la población Ideotipo----- 28
4.4	Comparación de medias (DMS al 5%) en cinco localidades para las seis características agronómicas evaluadas----- 29
4.5	Comparación de medias de los caracteres agronómicos de los 28 híbridos evaluados en cinco localidades----- 30

4.6	Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable rendimiento de las cinco mejores y peores cruzas-----	31
4.7	Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable días a floración masculina de las cinco mejores y peores cruzas-----	32
4.8	Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable días a floración femenina de las cinco mejores y peores cruzas-----	34
4.9	Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable altura de planta de las cinco mejores y peores cruzas-----	35
4.10	Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable altura de mazorca de las cinco mejores y peores cruzas-----	36
4.11	Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable prolificidad de las cinco mejores y peores cruzas-----	37
4.12	Estimación de la heterosis en los cinco mejores y peores híbridos en la población Ideotipo-----	38

I. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de maíz es un proceso continuo y constante en la obtención de híbridos y variedades para uso comercial. El conocimiento de la genética que controla los caracteres de interés económico es básico para lograr avances en un programa de mejoramiento genético. Uno de los sistemas propuestos para conocer y evaluar la acción génica de caracteres cuantitativos son los cruzamientos dialélicos, que permiten identificar las combinaciones superiores, seleccionar los mejores progenitores y estimar la heredabilidad para elegir los métodos de mejoramiento más eficientes.

Los diseños de apareamiento dialélico pueden ser muy útiles si se analizan e interpretan correctamente. Los esquemas de cruzamientos dialélicos y análisis se han desarrollado para progenitores que pueden ser desde líneas hasta variedades de amplia base genética.

Griffing (1956) publicó cuatro métodos (I, II, III y IV). De estos, probablemente el más usado en maíz sea el de las combinaciones de cruza directa sin progenitores (método IV), esto es debido a que los progenitores son usualmente líneas endocriadas y el vigor de los progenitores ($F = 1$) y las cruza entre progenitores ($F = 0$) frecuentemente causan complicaciones en el diseño de campo que se usa para evaluar las cruza y progenitores (Hallauer y Miranda, 1988; y Mayo, 1987).

La correcta identificación de líneas endocriadas superiores en un programa de mejoramiento genético de maíz es de fundamental importancia para obtener material parental de híbridos o variedades sintéticas.

El presente trabajo tiene por meta estimar los efectos asociados con la aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica y los componentes de varianza asociados con la heredabilidad de las características agronómicas (rendimiento, días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta, altura de mazorca y prolificidad), así con base a estas estimaciones tomar decisiones para el mejoramiento genético de la población estudiada.

Cuando estos estimados son obtenidos a través de pruebas en un solo ambiente generalmente son de limitada utilidad, pero cuando se consideran repeticiones en años y localidades, o sea incluyendo interacciones con diferentes ambientes son más precisas en la estimación de la heredabilidad y otros efectos genéticos.

En este trabajo se desea alcanzar los siguientes objetivos:

- Determinar los parámetros genéticos de la población (varianza aditiva, de dominancia y heredabilidad).
- Estimar los efectos de aptitud combinatoria general de las líneas y la aptitud combinatoria específica de las cruzas dentro de la población, para seis características agronómicas.

Hipótesis

- En las cruzas realizadas debe de haber al menos una que tenga un comportamiento superior a las demás.
- Existe suficiente variabilidad genética en la población, para tener expectativas de éxito en la aplicación de una estrategia de mejoramiento.
- Es posible obtener estimaciones confiables de los parámetros genéticos de la población sobre todo al incluir varios ambientes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Diseños Dialélicos

Los diseños de apareamiento llamados dialélicos se han utilizado frecuentemente para estimar efectos maternos, recíprocos de aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica y componentes de varianza genética de diferentes poblaciones, en los que a partir de n progenitores se obtienen los cruzamientos posibles. Así tenemos que existen varios métodos de análisis dialélicos para estimar la ACG y ACE; entre los más utilizados se encuentran los propuestos por Griffing (1956): 1) evaluación de progenitores y sus cruzas F_1 directas y recíprocas; 2) evaluación de progenitores y cruzas F_1 directas; 3) evaluación de cruzas F_1 directas y recíprocas; y 4) evaluación de cruzas F_1 directas.

Vasal *et al.* (1992b) determinaron la heterosis y la aptitud combinatoria de germoplasma de maíz subtropical y templado precoz. Formaron un dialélico con dos poblaciones y cinco complejos germoplásmicos de genes (pools). Los progenitores y las 21 cruzas las evaluaron en 17 ambientes templados y cinco ambientes subtropical durante 1985-1986. El rendimiento promedio a través de ambientes templados (4.35 Mg/ha) fue comparable al de los ambientes subtropicales (4.59 Mg/ha). Sus resultados confirman el éxito de cruzar materiales de diferente origen (área geográfica), ya que los mejores de heterosis (13 por ciento) lo obtuvieron al cruzar templado x subtropical

(Población 46 x Pool 30) en ambientes subtropicales y heterosis de 10.2 por ciento con subtropical x templado (Pool 27 x Pool 40) en ambientes templados.

En ciertas especies vegetales es posible utilizar a las líneas que participan en una determinada cruce como padres, madres o para efectuar autofecundaciones. 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, en cambio, si se consideran además las cruces recíprocas, es posible elegir a los diseños uno o tres respectivamente.

Espinosa y Ramírez (1997) clasificaron en tres grupos 42 líneas del estado de Chiapas en base a la madurez. El primer grupo fue formado con 12 líneas precoces, el segundo con 13 líneas de madurez intermedia y el tercero con 17 líneas tardías, en cada grupo formaron cruces dialélicas y las evaluaron en dos localidades. En base a los efectos de ACG y ACE identificaron 26 líneas para la formación de híbridos y sintéticos para el trópico húmedo de México.

Ortiz *et al.* (1997) evaluaron nueve variedades de polinización abierta en cruces dialélicas en dos ambientes de la República Dominicana con los objetivos de determinar la aptitud combinatoria general y específica, y estimar el nivel de heterosis involucrado en cada cruce. Encontraron que el 52 por ciento de la variación entre cruces se debió a efectos aditivos y el resto a efectos de dominancia e interacciones. La variedad NC-6 de grano blanco presentó un alto valor de ACG y las cruces CESDA-36 x Pob-24 y

CESDA8 x UNPHU-304C presentaron los valores mas altos de ACE. Entre los materiales amarillos los que más sobresalieron por su heterosis fueron las cruzas UNPHU-304C x CESDA-88 y Loyola-86 x 305C.

González *et al.* (1997) evaluaron mediante un apareamiento dialélico 45 cruzas simples formadas con 10 líneas de maíz de CIMMYT. A partir de la crusa con el mejor efecto de ACE formaron dos grupos heteróticos de líneas A y B que constituyeron un patrón heterótico. Las cruzas con efectos de ACE negativos con un progenitor de la mejor crusa las agruparon en un grupo heterótico y las cruzas con efectos de ACE positivos con el mismo progenitor formaron el grupo heterótico opuesto.

Mejoramiento poblacional

El concepto del procedimiento de selección recurrente entre poblaciones para la mejora simultánea de dos poblaciones, fue introducido por Comstock *et al.* (1949). Estos esquemas fueron diseñados con la intención de explotar todos los tipos de acción genética responsables de la heterosis, en vez de enfocar sobre los *loci* con alelos dominantes total o parcialmente y en los efectos del esquema de la habilidad combinatoria general como en el esquema de Jenkins (1940) que hace énfasis sobre los alelos sobredominantes y la habilidad combinatoria específica.

Hallauer y Miranda (1981), señalan que todo programa de mejoramiento genético poblacional de maíz, debe utilizar por lo menos dos poblaciones de amplia base genética; de buena producción y que exhiban heterosis, con el fin de mejorar

intrapoblacionalmente cada población, además de aprovechar la heterosis con la cruce varietal $C_n \times C_n$, o bien cambiar las mejores líneas derivadas para una máxima explotación de la heterosis.

Robles (1986) menciona que el maíz permite el mejoramiento genético tanto mediante procedimientos de endogamia, como mediante cruzamientos. Estos procedimientos dan alternativas a los fitomejoradores para el desarrollo de tipos de maíz dentro de dos categorías amplias: 1) forma híbrida que incluyen cruces simples, triples, dobles, de mestizos e híbridos varietales, y 2) poblaciones de polinización libre en la forma de variedades criollas (locales) o mejoradas que pertenecen a razas en particular, compuestos de amplia base genética, sintéticos y generaciones avanzadas de cruces varietales.

Benítez (1994) menciona que la selección recurrente en poblaciones endogámicas utilizando líneas S_1, S_2, \dots, S_t , se recomienda cuando se quiere eliminar de la población genes indeseables de naturaleza recesiva. Considerando además, que el uso de las líneas con mayor nivel de endogamia, tiene la ventaja de aumentar la varianza genética aditiva y por lo tanto la respuesta a la selección.

Aptitud combinatoria

Al obtener una línea autofecunda, se cruza con otra para evaluar su productividad, en combinaciones de cruces simples y dobles. La experiencia ha demostrado que algunas líneas se combinan bien con un gran número de otras líneas

para producir progenies híbridas de alta producción. La capacidad de una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida, se conoce con el nombre de aptitud combinatoria.

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

Jugenheimer (1991) dice que el tipo de probador que se debe usar para la evaluación de líneas puras en combinación híbrida, depende principalmente de si la información deseada es sobre aptitud combinatoria general o específica.

Sprague y Tatum (1942) mencionan que la aptitud combinatoria se refiere, en las combinaciones híbridas, al comportamiento promedio de una línea al cruzarla con otras, o bien al comportamiento de una o varias líneas al cruzarlas con una variedad de amplia base genética.

Aptitud combinatoria general

La aptitud combinatoria general es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La ACG proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras. Debido a

su heterogeneidad, las variedades de polinización libre y los sintéticos generalmente se usan como probadores para determinar la ACG.

La aptitud combinatoria general es el efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, medida como desviación de la media general, es decir, es lo que una línea hereda a sus progenies en promedio de muchas cruzas.

La ACG estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, estima la cuantía de los efectos de genes aditivos. Se evalúa mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética. (Márquez 1988).

Vázquez, (1996), al trabajar con seis poblaciones de maíz y ser evaluados bajo un diseño dialélico, encontraron que los efectos de aptitud combinatoria específica son más importantes que los de aptitud combinatoria general en la manifestación de la germinación y vigor de semillas; sin embargo, manifiestan que existen pocos trabajos genéticos que involucren la calidad fisiológica de la semilla. Por lo anterior, sugiere que se incursionen en esta área al desarrollar estrategias en mejoramiento, con la intención de integrar esfuerzos y generar nuevos materiales que presenten buenas características agronómicas y fisiológicas de la semilla.

Aptitud combinatoria específica

Sprague y Tatum (1942) definieron el término capacidad combinatoria específica para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente

mejor o peor de lo que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas.

Los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor o peor de lo que podía esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas involucradas, en breve, la habilidad combinatoria específica es el rendimiento relativo de cada cruce específica.

La ACE estima la cuantía de los efectos de genes de acción no aditiva, principalmente de genes con acción de dominancia, epistasis o interacciones, etc. Esta medida es particular para combinaciones entre pares de líneas. (Márquez, 1988).

Componentes de varianza

La estimación de componentes de varianza mediante este tipo de estudios, permite conocer los parámetros genéticos de las poblaciones, los cuales pueden usarse con dos propósitos fundamentales: 1) obtener información sobre la naturaleza de la acción de los genes involucrados en la herencia del o los caracteres bajo estudio, y 2) tomarlos como base para la planeación o reorientación de programas de mejoramiento genético.

Tanto para el mejoramiento genético por selección como por hibridación, el fitomejorador, además de conocer los aspectos agronómicos de la especie en que trabaja, debe conocer las características genéticas de las poblaciones objeto del mejoramiento.

Dichas características se refieren principalmente a los componentes de la varianza genética (varianza aditiva y varianza de dominancia).

Márquez (1985) menciona que en la selección se aprovechan los efectos aditivos tanto intra locus como inter loci para mejorar las poblaciones. Señala así mismo que el procedimiento general consiste en: 1) selección de los mejores individuos de la población; 2) utilización de los individuos seleccionados como progenitores de la siguiente generación; 3) iniciación de un ciclo de selección en la población proveniente del apareamiento de los individuos seleccionados; y 4) realización de varios ciclos adicionales hasta la reducción de la varianza aditiva.

La magnitud de la varianza aditiva mantiene una relación directa con el parecido entre parientes y es, por lo tanto, principal determinante de las propiedades genéticas de la población y de la respuesta de ésta que puede ser estimada directamente a partir de las observaciones echas en la población (Falconer, 1986).

La varianza aditiva de una población es la varianza de los valores aditivos de los individuos de la población y es estimada como la suma de cuadrados de los valores aditivos ponderados por sus frecuencias de ocurrencia (Molina 1992).

Heterosis

Al combinarse dos o más líneas se obtienen plantas con mayor vigor que sus progenitores, éste será más alto cuando los individuos que lo provocan sean de

constitución genética diferente. A mayor diversidad genética, mayor es el grado de heterosis.

La heterosis se considera como un fenómeno genético, donde se expresa al máximo el vigor con respecto a sus progenitores, puede definirse como el incremento en tamaño o vigor de un híbrido con respecto al promedio de sus progenitores, medido a través de indicadores como: resistencia a insectos y enfermedades, rendimiento, altura de planta y mazorca, (Allard, 1960; Poehlman, 1981).

Al producirse mediante fecundación cruzada, las plantas alógamas son fuertemente heterocigotas. Si se autofecundan artificialmente para obtener líneas puras, se observa una pérdida de vigor en relación con las plantas de partida, a pesar de su apariencia, en general, enfermiza y escuálidas, son útiles en otras circunstancias. Si estas líneas se cruzan entre sí, el híbrido que producen es el de aspecto totalmente normal es lo que se llama vigor híbrido o heterosis (Cubero, 1999).

Heredabilidad

La heredabilidad es un término que se ha usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter particular en una población de plantas; pero lo más importante es la proporción de variación genotípica observada en la planta y que es reflejada en la descendencia (Reyes, 1985).

En sentido amplio, la heredabilidad (H^2) es el cociente de la varianza genotípica y la fenotípica; en sentido estricto (h^2) es el cociente de la varianza aditiva y la

fenotípica. La heredabilidad es una proporción de cada carácter y población y la utilidad de su estimación radica en su sentido predictivo de la respuesta a la selección (Nyquist, 1991).

La heredabilidad puede expresarse en dos formas: 1) Como el cociente de la varianza genotípica (σ_G^2) entre la varianza fenotípica (σ_F^2), que representa la parte proporcional de la varianza fenotípica u observada atribuible a los efectos totales de los genes de una población, y 2) Como el cociente de la varianza genética aditiva (σ_A^2) entre la varianza fenotípica atribuible a los efectos aditivos de los genes de la población (Molina, 1992).

Vargas *et al.* (1982) evaluaron los cambios producidos por diez ciclos de selección masal visual estratificada para rendimiento en maíz en la población original y en el compuesto del décimo ciclo de selección de la variedad Zacatecas 58, encontrando que el avance obtenido por ciclo de selección fue de 3.75% en promedio de dos ambientes y que la varianza aditiva disminuyó y la de dominancia aumentó; así mismo, disminuyó la heredabilidad, posiblemente por la acumulación de mayor número de genes de interacción positiva con el ambiente de selección.

III. MATERIALES Y METODOS

Material genético

El material genético lo constituyen todas las cruzas simples posibles entre ocho líneas S₅ representativas de la población Ideotipo cuya formación y características se describen a continuación:

Grupo Ideotipo: Población constituida por plantas con excelentes atributos agronómicos, que se originó de la transformación de plantas enanas a normales mediante un programa continuo de retrocruzas, en donde el donador fue una población de amplia y de selecta base genética con adaptación al área del bajo. Las principales características de tal población son: individuos de altura intermedia, pocas hojas cortas y erectas, espiga compacta, madurez intermedia, alto índice de cosecha y perfecta adaptación a regiones con altitudes de 1000 a 2000 msnm.

Descripción del área de estudio

Cuadro 3.1 Situación geográfica y características climáticas de las cinco localidades de evaluación.

Localidad	Latitud norte	Longitud oeste	Altura msnm	Temp. Media anual °C	Precipitación Pluvial mm
Celaya Gto. 2002	20°32'	100°49'	1754	20.6	597.3
La piedad Mich.	20°20'	102°01'	1700	19.9	935
Gral. Cepeda Coah.	25°22'	101°28'	1470	20.46	399
Celaya Gto. 2003	20°32'	100°49'	1754	20.6	597.3
El prado N. L.	24°12'	100°05'	1890	18.3	300

Cuadro 3.2 Genealogía del material parental utilizado para producir las progenies evaluadas en la población Ideotipo.

Línea	Genealogía
1	232 MN-19
2	255 ON-11
3	MLN-1
4	255 MN-14
5	232 MN-13
6	MLN-7
7	232 MN-13A
8	53 MN-10

Descripción de la parcela experimental

La siembra de los tratamientos se llevo a cabo bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental fue un surco de 0.75 m de ancho depositando dos semilla por golpe para posteriormente realizar un aclareo a una planta para así obtener el número óptimo de plantas. Obteniendo un total de 21 plantas por parcela a una distancia de 0.19 m entre planta y planta. La fórmula de fertilización que se aplicó fue 180-90-00 donde al momento de la siembra se aplicó el 50 por ciento de nitrógeno y todo el fósforo, el resto de nitrógeno se aplicó al realizar el primer cultivo.

Riegos

El número de riegos fue variable, sujetándose a la precipitación pluvial y en caso de ser necesario se aplicó agua rodada durante el desarrollo vegetativo en función de los requerimientos del cultivo.

Labores de cultivo

Las labores y el combate de plagas se llevaron a cabo durante el ciclo vegetativo del cultivo, teniendo prioridad durante las primeras etapas del desarrollo y crecimiento del mismo, de tal manera que no interfiera en las características experimentales.

Variables experimentales

- Días a floración femenina y masculina (DFF, DFM). Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50 por ciento de plantas con espiga presentan emisión de polen para machos y estigmas receptivos para hembras.
- Altura de planta (AP). Distancia desde el nivel del surco hasta la hoja bandera, mediada en cm.
- Altura de mazorca (AM). Distancia desde el nivel del surco hasta el nudo de la mazorca principal.
- Plantas con *fusarium* spp (PF). Determinado como el porcentaje de plantas que se encontraron dañadas parcial o totalmente por este hongo.
- Humedad de grano (CH%). Se obtiene tomando una muestra aleatoria de 100 g, de las mazorcas en cada parcela y se coloca en el determinador de humedad Dickey y John.
- Prolificidad. Es la cantidad de mazorcas que proporcionan 100 plantas, en base a las plantas y mazorcas cosechadas dentro de cada parcela, reportando como mazorcas por 100 plantas. Se estima mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Mazorcas x 100 plantas} = \frac{\text{No.deMazorcas}}{\text{No.dePlantas}} \times 100$$

- Peso de campo (PC). Peso en kg de mazorcas por parcela, al momento de la cosecha.

El peso de campo se expresó a peso seco (PS). Usando la siguiente formula:

$$PS = (1 - \%H) \times PC$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad.

PC = Peso de campo.

Finalmente, el rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad, se obtuvo al multiplicar el peso seco por el factor de conversión a ton ha^{-1} , éste factor es utilizado para transformar el rendimiento de mazorca en toneladas por unidad de superficie al 15.5% de humedad de todo los tratamientos, y se determina con la siguiente ecuación:

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

Donde:

FC = Factor de conversión para expresar el rendimiento en toneladas por hectárea de mazorca al 15.5 por ciento de humedad.

APU = Área de parcela útil. Es el producto de la distancia entre surcos por la distancia entre plantas por el número correcto de plantas por parcela útil.

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

1000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en ton ha^{-1} .

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

Análisis Dialélico

Las cruzas dialélicas se analizaron en forma combinada a través de localidades bajo el método IV de Griffing. El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + l_i + \beta_{j(i)} + g_k + g_l + s_{kl} + lg_{ik} + lg_{il} + ls_{ikl} + \epsilon_{ijkl}$$

En donde:

Y_{ijkl} = Observación total; μ = efecto de la media general; l_i = efecto de la i -ésima localidad; $\beta_{j(i)}$ = efecto de j – ésimo bloque dentro de la i – ésima localidad; g_k = efecto de la aptitud combinatoria general del padre k ; g_l = efecto de la aptitud combinatoria general del padre l ; s_{kl} = efecto de la aptitud combinatoria específica de los padres k y l ; lg_{ik} = efecto de la interacción entre la i – ésima localidad y la aptitud combinatoria general del padre k ; lg_{il} = efecto de la interacción entre la i – ésima localidad y la aptitud combinatoria general del padre l ; ls_{ikl} = efecto de la interacción entre la i – ésima localidad y la aptitud combinatoria específica de los padres k y l ; ϵ_{ijkl} = efecto del error experimental.

Cuadro 3.2 Estructura del análisis de varianza combinado correspondiente al diseño IV de Griffing (1956).

Fuentes de variación	g.l	CM	ECM
Loc	1-1		
Rep/Loc	r(1-1)		
Cruzas	n-1		
ACG	p-1	M6	$\sigma_e^2 + r\sigma_{IACE}^2 + r(p-2)\sigma_{IACG}^2 + r\sigma_{ACE}^2 + r(p-2)\sigma_{ACG}^2$
ACE	p(p-3)/2	M5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{IACE}^2 + r\sigma_{ACE}^2$
Cruzas x Lo	(n-1)(1-1)	M3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{IACE}^2 + r(p-2)\sigma_{IACG}^2$
ACG x Loc	(p-1)(1-1)	M2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{IACE}^2$
ACE x Loc	P(p-3)(1-1)/2	M1	σ_e^2
Error	1(n-1)(r-1)		
Total	1nr		

Los efectos de ACG y ACE se estimaron de la siguiente manera.

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

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

Donde:

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

s_{ij} = Aptitud combinatoria especifica (ACE) de la cruza 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 cruza.

$X_{..}$ = Gran total.

También se calculó el coeficiente de variación (CV), para asegurar que nos encontramos en el rango de confiabilidad en el experimento, mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

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

Donde:

CV = Coeficiente de variación.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

\bar{X} = Media general.

Estimación de Parámetros Genéticos

Se calcularon los parámetros genéticos en base a el diseño IV de Griffing en cruza simples, considerando el coeficiente de endogamia $F = 1$ y de acuerdo a las formulas descritas por Hallauer y Miranda (1981).

Cruzas simples F=(1)

Varianza aditiva: $\sigma^2_A = 2\sigma^2_{ACG}$

Varianza de dominancia: $\sigma^2_D = \sigma^2_{ACE}$.

Heredabilidad: $h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\left(\frac{CM_{cruzas}}{rl}\right)}$

Estimación de Varianzas y Errores Estándar

El análisis de varianza incluyendo los efectos genéticos del diseño dialélico, método IV de Griffing, se muestra en el cuadro 3.2. La columna Esperanza de Cuadrados Medios (ECM) presenta las funciones lineales de los componentes de varianza, para cada fuente de variación pertinente al diseño genético.

A partir de los componentes de varianza estimados se calcularon los valores porcentuales de heredabilidad en sentido estricto h^2 para cada carácter a evaluar, utilizando las fórmulas siguientes:

Varianza de la varianza de ACG:

$$V(\sigma^2_{ACG}) = \frac{2}{[lr(p-2)]^2} \left[\frac{M_6^2}{glM_6+2} + \frac{M_5^2}{glM_5+2} + \frac{M_3^2}{glM_3+2} + \frac{M_2^2}{glM_2+2} \right]$$

Varianza de la varianza de ACE: $V(\sigma^2_{ACE}) = \frac{2}{(lr)^2} \left[\frac{M_5^2}{glM_5+2} + \frac{M_2^2}{glM_2+2} \right]$

Varianza de la varianza aditiva: $V(\sigma^2_A) = 4V(\sigma^2_{ACG})$

Varianza de la varianza de dominancia: $V(\sigma^2_D) = 4V(\sigma^2_{ACE})$

Error estándar para la varianza de ACG: $\sqrt{V(\sigma^2_{ACG})}$

Error para la varianza de ACE: $\sqrt{V(\sigma^2_{ACE})}$

Error estándar para la varianza aditiva: $\sqrt{V(\sigma^2_A)}$ ó $2\sqrt{V(\sigma^2_{ACG})}$

Error estándar para la varianza de dominancia: $\sqrt{V(\sigma^2_D)}$ ó $\sqrt{V(\sigma^2_{ACE})}$

Error estándar para la heredabilidad: $EE\sigma_A^2 / \sigma_F^2$

Se hizo la comparación de medias mediante una prueba de rango múltiple, para los tratamientos, mediante un análisis de diferencia mínima significativa (DMS).

$$DMS_{0.05} = t_{\infty} \sqrt{\frac{2CMEE}{rl}}$$

Donde:

t_{∞} = Valor de “t” con una probabilidad de error ∞ prueba de dos colas.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

r = Número de repeticiones.

l = Número de localidades.

También se estimó el porcentaje de heterosis esperada para las cinco mejores y peores cruzas en las seis variables analizadas, para ello se utilizaron las siguientes formulas:

$$HE = \frac{VO}{VE} \times 100$$

Donde:

HE = Heterosis Esperada.

VO = Valor Observado.

VE = Valor Esperado.

$$VE = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

Donde:

VE = Valor Esperado.

P₁ = Progenitor 1.

P₂ = Progenitor 2.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para el diseño dialélico se concentran en el Cuadro 4.1 correspondientes a los cinco ambientes para las variables agronómicas evaluadas; rendimiento, días a floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca y prolificidad.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis dialélico y parámetros genéticos estimados en la población Ideotipo en que se combina datos de cinco ambientes.

FV	GL	REN	DFM	DFE	AP	AM	PROL
Localidades	4	223.66**	6046.68**	5677.08**	19261.34**	9769.21**	3001.24**
Rep(loc)	5	80.72**	31.44**	34.56**	3083.90**	1589.95**	249.59
Cruzas	27	20.51**	31.44**	24.89**	851.73**	451.02**	2059.77**
ACG	7	22.46**	68.87**	68.44**	1512.43**	887.15**	6083.96**
ACE	20	19.49**	7.98	8.45	627.46**	335.10**	476.80
Cruzasxloc	108	6.91*	6.11	6.89	315.21*	235.54*	287.45
ACGxLoc	28	8.25*	11.40**	12.74**	279.98	221.31	435.13
ACExLoc	80	6.44	4.23	4.75	329.28*	237.31*	222.99
Error	94	4.89	6.30	6.74	212.69	161.69	340.58
Media		13.10	83.86	85.90	212.36	110.98	116.18
C.V. (%)		16.88	2.99	3.02	6.87	11.46	15.89
σ^2_A		0.04	1.79	1.73	31.14	18.94	179.83
σ^2_D		1.31	0.38	0.37	29.82	9.78	25.38
h^2		0.02	0.66	0.64	0.34	0.36	0.78
$EE\sigma^2_A$		0.41	1.09	1.09	24.77	14.52	95.80
$EE\sigma^2_D$		0.60	0.25	0.27	19.61	10.76	14.79
EEh^2		0.20	0.40	0.40	0.27	0.28	0.41

*,** niveles de significancia a $P<0.05$ y $P<0.01$ respectivamente.

En este cuadro se observa que las cruzas muestran diferencias altamente significativas para todas las variables en estudio esto indica que existe una gran variación en la constitución genética del grupo lo cual permitirá que al cruzar dos líneas contrastantes

originen híbridos con buena capacidad heterótica.

Respecto a la aptitud combinatoria en general, las diferencias entre las cruzas es aplicada principalmente por los efectos de aptitud combinatoria general. En las variables días a floración masculina, femenina y prolificidad. Las diferencias se explican exclusivamente por los efectos de aptitud combinatoria general y en el caso de rendimiento ambos efectos parecen ser igualmente importantes.

En lo que respecta a la aptitud combinatoria general se observa que para esta población presentó diferencias ($P < 0.01$) para todas las variables en estudio esto quiere decir que entre las líneas que forman el dialélico hay la posibilidad de encontrar una que contenga buen comportamiento en aptitud combinatoria general para las características evaluadas. Lo que se discutirá en el (Cuadro 4.2).

En cuanto a la aptitud combinatoria específica tenemos que para las variables rendimiento, altura de planta y mazorca tienen valores altamente significativos, quiere decir que algunas de las cruzas realizadas tienen comportamiento diferente para estos caracteres. Lo que indica la factibilidad de realizar selección entre los híbridos experimentales.

Respecto a los componentes de varianza genética tenemos que para todas las variables de estudio fue de gran importancia la varianza aditiva excepto para la variable rendimiento que tiene mayor varianza de dominancia, esto permite identificar líneas que en cruza produzcan híbridos altamente rendidores y variables a las cuales podamos aplicar algún esquema de mejoramiento por selección recíproca recurrente, para explotar la variable de mayor importancia económica, el rendimiento.

El coeficiente de variación en los diferentes caracteres estudiados son aceptables, ya que solo en prolificidad y rendimiento presentan un coeficiente de variación máximo de 17% esto permite tener seguridad y confianza en los procedimientos experimentales.

En los efectos de ACG x localidad para días a floración masculina y femenina presentan diferencias significativas ($P \leq 0.01$) por lo que dichos efectos interactúan con el ambiente y se comportan diferente en cada localidad de evaluación, mientras que para rendimiento muestra significancia a un nivel de ($P \leq 0.05$), con respecto a las demás variables en estudio no presentan diferencias significativas, por lo tanto se consideran estables.

En lo que respecta a los efectos de ACE x localidad altura de planta y mazorca presentan diferencias significativas a ($P \leq 0.05$), por lo que se comportan diferente en cada localidad, mientras que días a floración masculina y femenina, rendimiento y prolificidad se detecto estabilidad en este parámetro.

Las fuentes de variación rep(loc) y localidades en todas las variables evaluadas presentan diferencias significativas ($P \leq 0.01$), excepto el carácter prolificidad que no es significativa, esto indica que dichas variables en estudio se comportan diferente en las repeticiones de cada localidad debido a las condiciones que presentaron los bloques en cada región.

Con respecto a la interacción cruzada x localidad se detectaron diferencias significativas a ($P \leq 0.05$); para rendimiento, altura de planta y mazorca. Indicando que hay interacción es decir cambian de orden en cada ambiente. Prolificidad, días a

floración masculina y femenina no presentan diferencias significativas por lo que se comportan de la misma manera en las localidades evaluadas.

En el Cuadro 4.2 se presenta el efecto promedio por variable agronómica en aptitud combinatoria general de los 8 progenitores evaluados en el diseño dialélico. Donde se observa claramente que los mejores efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento fueron obtenidos por las líneas 1,4, 6 y 8 con 0.24, 0.97, 0.28 y 0.82 ton ha⁻¹ arriba de la media respectivamente de estas líneas sólo la 4 y 8 presentan valores diferentes de cero, la 1 y 6 presentan valores estadísticamente igual a cero. Las otras cuatro líneas restantes presentaron efectos negativos.

Cuadro 4.2 Efectos de ACG por variable para líneas progenitoras evaluadas en cinco localidades en el diseño dialélico para la población de maíz Ideotipo.

LINEAS	REND	DFM	DFE	AP	AM	PROL
1	0.24	0.16	0.21	-7.00 **	-5.02 **	-12.25 **
2	-0.50	-0.06	-0.34	-6.07 **	4.21 **	-3.41
3	-0.35	0.23	0.58	3.66	2.78	-10.26 **
4	0.97 **	-1.48 **	-1.62 **	6.90 **	4.83 **	12.53 **
5	-1.04 **	0.69 *	1.07 **	1.29	-6.29 **	-0.91
6	0.28	0.66	0.47	-2.13	-3.34	-5.74 *
7	-0.41	1.67 **	1.42 **	-3.76 *	0.01	-0.77
8	0.82 **	-1.88 **	-1.78 **	7.12 **	2.80	20.81 **

*,** niveles de significancia diferentes de cero a $P < 0.05$ y $P < 0.01$ respectivamente.

Las líneas 4 y 8 presentaron los mejores efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento (0.97 y 0.82 ton ha⁻¹, respectivamente), mientras que para las demás variables mostraron efectos negativos altamente significativos, con excepción para altura de planta, altura de mazorca y prolificidad donde se manifiestan efectos positivos significativos para ambas líneas. Estos resultados indican el potencial de estas líneas en cruza con materiales diferentes (línea 6) para mejorar el rendimiento y características agronómicas, lo que lo hace una buena opción para utilizarse en futuros programas de

hibridación, cuidando de cruzarlas con materiales que tengan a dar progenie de baja altura.

Otra línea que destaco también fue la 6 con 0.28 ton ha⁻¹ de ACG, presentando efectos negativos para altura de planta, altura de mazorca y prolificidad pero tiende a incrementar los días a floración (las hace mas tardías), dado que sus efectos son positivos (0.66 y 0.47 días a floración masculina y femenina).

Cuadro 4.3 Efecto de ACE para las características evaluadas bajo un análisis combinado en cinco localidades, correspondientes a la población de maíz Ideotipo.

CRUZAS	REN	DFM	DFE	AP	AM	PROL
1 x 2	-0.04	0.08	0.09	3.68	-0.42	-2.01
1 x 3	-1.22	1.41	1.12	1.45	-1.36	10.62
1 x 4	0.01	0.53	0.42	3.01	0.49	-1.98
1 x 5	2.17 **	-1.20	-0.92	4.58	-0.39	4.66
1 x 6	-2.26 **	0.48	0.62	-27.76 **	-15.04 **	2.59
1 x 7	0.63	-1.18	-1.67 *	3.53	5.61	-3.68
1 x 8	1.31	-0.77	-0.33	4.02	2.21	3.98
2 x 3	0.77	-0.09	0.19	2.02	2.93	-6.14
2 x 4	-2.18 **	1.23	0.70	-6.17	1.26	2.49
2 x 5	1.89 **	-1.16	-1.13	7.15	5.84	-3.98
2 x 6	-1.09	0.04	0.20	-11.64 **	-9.53 **	0.53
2 x 7	1.06	-0.54	-0.75	-4.14	-1.81	2.43
2 x 8	0.12	-0.25	0.31	0.07	2.88	-5.70
3 x 4	-2.76 **	0.94	0.93	2.36	-3.52	-0.67
3 x 5	0.63	-0.79	-0.65	-3.83	1.28	0.14
3 x 6	-0.04	-0.61	-0.75	-8.87	-4.54	-10.32
3 x 7	0.30	0.12	0.25	4.65	7.61	6.51
3 x 8	-0.19	1.87 **	1.88 **	11.40 **	5.65	7.99
4 x 5	2.38 **	0.79	0.51	10.21 *	5.33	-0.06
4 x 6	-1.51 **	0.19	0.49	2.21	-1.43	-9.07
4 x 7	0.71	-0.12	0.35	11.51 **	11.11 **	-10.20 *
4 x 8	-0.65	0.67	0.29	0.93	-2.29	5.13
5 x 6	0.86	0.01	-0.62	0.06	0.31	-10.79 *
5 x 7	-1.92 **	-1.28	-1.23	-8.08 *	-10.34 **	1.51
5 x 8	-0.93	-0.16	-0.34	-2.04	-3.11	18.00 **
6 x 7	0.03	-1.09	-1.49 *	2.05	-3.06	1.68
6 x 8	0.43	-0.08	0.31	1.33	2.84	-6.07
7 x 8	1.50 **	0.96	1.24	-3.72	1.48	2.41

*, ** niveles de significancia diferentes de cero a P<0.05 y P<0.01 respectivamente.

Analizando los efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento y todas las características agronómicas analizadas (Cuadro 4.3) destacan tres cruzas (1x5, 7x8 y 6x8) por sus altos efectos positivos con 2.17, 1.50 y 0.43 ton ha⁻¹ respectivamente para rendimiento y efectos negativos o muy cercanos a cero para las demás variables, principalmente para la cruz 1x5 que en las variables días a floración masculina, femenina y altura de mazorca los efectos son negativos. Indicando que este híbrido presenta precocidad y un magnífico efecto positivo diferente de cero para rendimiento.

Sin embargo las otras dos cruzas 7x8 y 6x8 tienden a ser precoces y de porte bajo, aunque la 6x8 tiene la desventaja de ser negativa en la variable prolificidad. Indicando que no tiene la capacidad de dar dos mazorcas por planta, esta variable es de menos importancia ya que como sabemos al productor le interesa que tenga buen rendimiento y si observamos en su valor de dicho carácter este híbrido se comporta con buen potencial de rendimiento.

Cuadro 4.4 Prueba de comparación de medias (DMS al 5%) en cinco localidades para seis características agronómicas.

LOC	REN	DFM	DFE	AP	AM	PROL
Celaya 2002	15.654 a†	74.886 e	77.482 d	233.22 a	130.88 a	113.59 c
La Piedad	15.699 a	85.28 b	87.518 b	233.88 a	123.43 b	124.68 a
Gral. Cepeda	9.4676 d	75.083 d	77.161 e	175.6 d	88.696 e	102.38 d
Celaya 2003	12.136 c	79.196 c	81.232 c	215.18 b	102.86 d	115.82 b
El Prado	12.963 b	101.76 a	103.23 a	202.45 c	109.16 c	124.78 a

†Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

El Cuadro 4.4 muestra la expresión fenotípica promedio de las cruzas en cada una de las localidades de evaluación. La localidad de Celaya Gto. 2002 y la Piedad Mich. mostraron un comportamiento promedio similar en rendimiento y altura de planta. Donde estos dos ambientes muestran los mejores rendimientos debido a que tienen las mejores condiciones edáficas y climáticas, mientras que Gral. Cepeda presentó el

rendimiento mas bajo debido a que las condiciones climáticas que predominan en ese ambiente no son buenas para el desarrollo del cultivo.

Un efecto diferente en el comportamiento se presentó en rendimiento, días a floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca y prolificidad, señalando a las localidades de General Cepeda Coah., Celaya Gto. 2003 y el Prado N. L. como estadísticamente diferentes, según la comparación múltiple de medias $DMS(\alpha 0.05)$.

Cuadro 4.5 Comparación de medias de los caracteres agronómicos de los 28 híbridos evaluados en cinco localidades.

GEN	REN	DFM	DFF	AP	AM	PROL						
1X2	12.884	de†	83.417	fg	85.275	fg	202.683	kl	109.775	jkl	98.575	o
1X3	11.854	f	85.045	abc	87.225	bc	210.180	hij	107.408	klm	104.350	lmno
1X4	14.402	abc	82.445	ghij	84.325	gh	214.980	efgh	111.308	ghijk	114.550	fghij
1X5	14.548	a	82.892	gh	85.675	ef	210.933	hi	99.308	n	107.750	jklmn
1X6	11.439	f	84.545	bcde	86.625	bcde	175.180	n	87.608	ñ	100.850	no
1X7	13.638	bcd	83.892	ef	85.275	fg	204.833	jkl	111.608	fghijk	99.550	ño
1X8	14.949	a	81.400	k	84.100	h	223.700	ab	119.900	bcd	114.600	fghij
2X3	13.638	bcd	82.645	ghi	85.225	fg	213.680	fghi	120.208	abc	106.550	klmn
2X4	14.415	abc	81.608	jk	83.550	h	214.917	efgh	122.983	a	119.225	efg
2X5	9.459	i	85.108	abc	86.750	bcd	201.117	l	110.183	ijk	114.425	fghij
2X6	14.855	a	82.683	ghi	84.325	gh	211.017	hi	117.725	bcde	103.125	mno
2X7	11.177	fg	84.900	abcd	86.600	bcde	190.600	m	105.700	klm	112.600	ghijk
2X8	12.847	de	81.975	hijk	83.500	h	214.050	efgh	115.733	cdefg	138.775	b
3X4	14.862	a	81.445	k	83.525	h	218.480	bcde	116.808	bcdef	120.950	ef
3X5	11.915	f	83.917	def	87.275	ab	217.083	cdefg	110.375	hijk	99.375	ño
3X6	10.352	gh	85.075	abc	87.300	ab	215.950	defgh	106.933	klm	99.575	ño
3X7	13.046	d	84.352	cdef	86.667	bcde	208.133	ijk	115.074	defghi	105.363	klmno
3X8	14.512	ab	81.600	jk	83.500	h	222.900	abc	116.900	bcdef	116.000	fghi
4X5	13.068	d	81.845	ijk	84.025	h	211.380	ghi	105.008	lmn	117.550	fgh
4X6	14.733	a	82.545	ghij	84.425	gh	221.480	abcd	120.108	abcd	129.550	cd
4X7	13.550	cd	85.300	abc	87.000	bc	226.600	a	121.500	ab	136.000	bc
4X8	13.052	d	78.600	l	80.700	i	218.000	bcdef	108.300	jklm	151.100	a
5X6	14.805	a	85.392	ab	87.375	ab	221.433	abcd	106.708	klm	109.550	ijklm
5X7	10.225	h	85.800	a	88.300	a	211.800	ghi	103.300	mn	105.500	klmno
5X8	12.034	ef	81.892	hijk	84.275	gh	218.433	bcdef	104.408	mn	154.150	a
6X7	13.085	d	84.483	bcde	85.725	def	208.217	ijk	104.625	mn	111.425	hijkl
6X8	14.709	a	81.945	hijk	84.325	gh	218.380	bcdef	113.308	efghij	125.250	de
7X8	15.090	a	84.000	def	86.200	cdef	211.700	ghi	115.300	cdefgh	138.700	b

†Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

El comportamiento promedio de los híbridos para los caracteres agronómicos se presentan en el (Cuadro 4.5). Los valores superiores de las variables en estudio fueron

determinadas con base a los valores que superaron el valor de la media, se puede observar que muestran una amplia variación entre ellos. Para la variable agronómica rendimiento podemos observar que las cruza 1x4, 1x5, 1x8, 2x4, 2x6, 3x4, 3x8, 4x6, 5x6, 6x8 y 7x8 comparten el mismo nivel estadístico. La cruza 7x8 y 1x8 mostraron el mayor potencial de rendimiento, a su vez en días a floración masculina y femenina la 1x8 tiende a ser precoz, seguida de la cruza 2x3 las cuales se ubican en el mismo nivel estadístico.

Cuadro 4.6. Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable rendimiento de las cinco mejores y peores cruzas.

híbrido	promedio		gi	gj	gi + gj	Sij
7x8	15.09	a†	-0.41	0.82 **	0.41	1.50 **
1x8	14.95	a	0.24	0.82 **	1.06	1.31
3x4	14.86	a	-0.35	0.97 **	0.62	-2.76 **
2x6	14.86	a	-0.50	0.28	-0.22	-1.09
5x6	14.81	a	-1.04 **	0.28	-0.76	0.86
2x5	9.46	i	-0.50	-1.04 **	-1.54	1.89 **
5x7	10.23	h	-1.04	-0.41	-1.45	-1.92 **
3x6	10.35	gh	-0.35	0.28	-0.07	-0.04
2x7	11.18	fg	-0.50	-0.41	-0.91	1.06
1x6	11.44	f	0.24	0.28	0.52	-2.26 **

† Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4.6 se presenta la estructura genética para rendimiento entendida como la descomposición de la expresión fenotípica en sus efectos de aptitud combinatoria general y específica de las mejores y peores cruzas. En dicho cuadro se observa que las cruzas con alto rendimiento se debieron a efectos aditivos positivos de al menos un progenitor así como a efectos no aditivos $S_{ij} > (g_i + g_j)$ como sucedió con las cruzas 7x8, 1x8 y 5x6, con rendimientos promedio de 15.09, 14.95 y 14.81 ton ha⁻¹ respectivamente, sobresaliendo la cruza 7x8 con el mejor rendimiento ya que el progenitor 8 combina bien con la línea 7 además de que tiene alto efecto de aptitud combinatoria general que transmitir a su progenie.

Cabe mencionar que el híbrido 2x6 presenta buen rendimiento a pesar de que el progenitor 2 tiene efecto negativo de aptitud combinatoria general y específica para la progenie, rinde bien por que tiende a ser tardía, debido a que tiene un mejor llenado de grano.

También el alto rendimiento se debió a efectos aditivos ($g_i + g_j$) > S_{ij} como en el caso de las cruza 3x4 y 2x6 con rendimientos promedio de 14.86 ton ha⁻¹ para ambas. Esto indica que el alto rendimiento se debe principalmente a los efectos aditivos, como también a los efectos no aditivos debido a que los progenitores poseen caracteres contrastantes, es decir a pesar de pertenecer al mismo grupo muestran suficiente variación genética.

La cruza 2x5 presento el mas bajo promedio para rendimiento debido a que sus progenitores tienen efectos negativos de aptitud combinatoria general esto demuestra que al menos una de las líneas presente efectos elevados y positivos de aptitud combinatoria general para que combine bien con otra.

Cuadro 4.7. Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable días a floración masculina de las cinco mejores y peores cruza.

híbrido	promedio	g_i	g_j	g_i + g_j	S_{ij}
4x8	78.60 †	-1.48 **	-1.88 **	-3.36	0.67
1x8	81.40 k	0.16	-1.88 **	-1.72	-0.77
3x4	81.45 k	0.23	-1.48 **	-1.25	0.94
3x8	81.60 jk	0.23	-1.88 **	-1.65	1.87 **
2x4	81.61 jk	-0.06	-1.48 **	-1.54	1.23
5x7	85.80 a	0.69 *	1.67 **	2.36	-1.28
5x6	85.39 ab	0.69 *	0.66	1.35	0.01
4x7	85.30 abc	-1.48 **	1.67 **	0.19	-0.12
2x5	85.11 abc	-0.06	0.69 *	0.63	-1.16
3x6	85.08 abc	0.23	0.66	0.89	-0.61

† Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

Resulta útil relacionar los efectos de aptitud combinatoria general y específica a fin de determinar algunos indicios que hagan mas eficientes el programa de

mejoramiento. En vista de ello se muestra en el Cuadro 4.7 los híbridos mas precoces y mas tardíos. La cruza 4x8 conoce al progenitor 8 elevado valor de aptitud combinatoria general para días a floración masculina. El híbrido también posee elevado valor de aptitud combinatoria general para ambos progenitores en días a floración femenina (cuadro 4.8).

Ello sugiere que la tendencia a ser precoz se debe a la buena aptitud combinatoria de uno de los progenitores además de heredar la tendencia de ser precoz a sus progenies y que no necesariamente ambos progenitores deben ser buenos en este efecto.

Se observa que el híbrido 1x8 la línea 1 aporta efectos de aptitud combinatoria general elevado para días a floración masculina y femenina, mientras que la línea 8 lo hace para rendimiento, altura de planta y prolificidad.

Los progenitores 4x8 presentan magníficos efectos negativos de aptitud combinatoria general para la variable días a floración masculina en ambos progenitores, lo cual nos dice que al cruzar dos líneas con estos efectos la progenie tiende a ser precoz. Por otro lado la cruza 5x7 presenta efectos de aptitud combinatoria general positivo, y alto para el progenitor 7 que al ser cruzados nos dan como resultado un híbrido tardío, por lo mismo de que tiende a ser tardía presenta buen potencial de rendimiento ya que tiene un mejor llenado de grano.

Cuadro 4.8 . Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable días a floración femenina de las cinco mejores y peores cruzas.

híbrido	promedio		gi		gj		gi + gj		Sij
4X8	80.70	i†	-1.62	**	-1.78	**	-3.40		0.29
3x8	83.50	h	0.58		-1.78	**	-1.20		1.88 **
2x8	83.50	h	-0.34		-1.78	**	-2.12		0.31
3x4	83.53	h	0.58		-1.62	**	-1.04		0.93
2x4	83.55	h	-0.34		-1.62	**	-1.96		0.70
5x7	88.30	a	1.07	**	1.42	**	2.49		-1.23
5x6	87.38	ab	1.07	**	0.47		1.54		-0.62
3x6	87.30	ab	0.58		0.47		1.05		-0.75
3x5	87.28	ab	0.58		1.07	**	1.65		-0.65
1x3	87.23	bc	0.21		0.58		0.79		1.12

† Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4.8 se presentan los estimadores los efectos de aptitud combinatoria general para cada progenitor y el efecto de aptitud combinatoria específica en la craza para el carácter días a floración femenina donde los progenitores de mejor fueron aquellos que mostraron los efectos de aptitud combinatoria general mas bajos y negativos. Encontrándose que la línea 8 fue el progenitor que heredó a su progenie menos días a floración con significancia estadística al 0.01 de probabilidad, además tiene la ventaja de que en aptitud combinatoria general es alto para rendimiento.

Analizando el cuadro se puede incluir al progenitor 4 ya que se conjuga por ser de los cinco mejores en aptitud combinatoria general para rendimiento y presentando efectos negativos para días a floración femenina, estos provenientes de diferente fondo genético.

Cuadro 4.9 . Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable altura de planta de las cinco mejores y peores cruzas.

híbrido	promedio	gi	gj	gi + gj	Sij
1x6	175.18 n†	-7.00 **	-2.13	-9.13	-27.76 **
2x7	190.60 m	-6.07 **	-3.76 *	-9.83	-4.14
2x5	201.12 l	-6.07 **	1.29	-4.78	7.15
1x2	202.68 kl	-7.00 **	-6.07 **	-13.07	3.68
1x7	204.83 jkl	-7.00 **	-3.76 *	-10.76	3.53
4x7	226.60 a	6.90 **	-3.76 *	3.14	11.51 **
1x8	223.70 ab	-7.00 **	7.12 **	0.12	4.02
3x8	222.90 abc	3.66	7.12 **	10.78	11.40 **
4x6	221.48 abcd	6.90 **	-2.13	4.77	2.21
5x6	221.43 abcd	1.29	-2.13	-0.84	0.06

† Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4.9 se presentan los efectos de aptitud combinatoria general para los dos progenitores de las cinco cruzas de mayor y menor promedio para la variable altura de planta y su aptitud combinatoria específica, respecto a este carácter tenemos que la línea mostró efectos significativos a ($P \leq 0.01$) negativos de aptitud combinatoria general de -7.00 y altura promedio de 175.18 al ser cruzada con la línea 6, por lo que es conveniente mencionar que es deseable contar con materiales de porte bajo que toleren altas densidades y resistan al acame, sin descuidar la relación positiva de la altura de planta con el potencial de rendimiento.

En lo referente a las cruzas que tienden a ser altas sobresalen la 4x7 y 1x8 que solo un progenitor de cada craza presenta efectos negativos de aptitud combinatoria general 7 1 por lo cual al ser combinados con progenitores de elevado efecto de aptitud combinatoria general tienden a dar progenies de porte alto, teniendo la particularidad de ser buenos rendidores de grano.

Cuadro 4.10 . Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable altura de mazorca de las cinco mejores y peores cruzas.

híbrido	promedio		gi		gj	gi + gj	Sij	
1x6	87.61	ñ†	-5.02	**	-3.34	-8.36	-15.04	**
1x5	99.31	n	-5.02	**	-6.29	-11.31	-0.39	
5x7	103.30	mn	-6.29	**	0.01	-6.28	-10.34	**
5x8	104.41	mn	-6.29	**	2.80	-3.49	-3.11	
6x7	104.63	mn	-3.34		0.01	-3.33	-3.06	
2x4	122.98	a	4.21	**	4.83	9.04	1.26	
4x7	121.50	ab	4.83	**	0.01	4.84	11.11	**
2x3	120.21	abc	4.21	**	2.78	6.99	2.93	
4x6	120.11	abcd	4.83	**	-3.34	1.49	-1.43	
1x8	119.90	bcd	-5.02	**	2.80	-2.22	2.21	

† Valores con la misma letra son estadísticamente igual

En el Cuadro 4.10 se muestran las cinco cruzas con los mejores efectos de aptitud combinatoria específica negativos y las cinco de menor efecto de aptitud combinatoria específica. Donde se observo que el mejor efecto específico lo registro la combinación 1x6 con un promedio de 87.61 cm la cual reduce la altura de planta como de mazorca. Observándose la misma tendencia en el resto de las cruzas, las cuales obtuvieron buenos efectos de aptitud combinatoria específica pero su altura de mazorca promedio las clasifíco en diferentes posiciones. Sin embargo una de las cinco cruzas registro excelente resultado tanto para altura de planta como para rendimiento de grano, sobresaliendo la combinación 1x5 con 99.31 cm y 15.548 ton ha⁻¹, respectivamente la cual representa una buena opción para ser utilizada como probador y así conformar grupos heteróticos, ya que esta crusa muestra efectos de aptitud combinatoria específica negativos, lo cual indica que las líneas pertenecen a grupos heteróticos opuestos y cruzas con efecto positivo significa que pertenecen al mismo grupo heterótico para la variable altura de mazorca.

Cuadro 4.11. Comparación de los efectos genéticos en la expresión de la variable prolificidad de las cinco mejores y peores cruzas.

híbrido	promedio		gi		gj		gi + gj		Sij
5X8	154.15	a†	-0.91		20.81	**	19.90		18.00 **
4X8	151.10	a	12.53	**	20.81	**	33.34		5.13
2x8	138.78	b	-3.41		20.81	**	17.40		-5.70
7x8	138.70	b	-0.77		20.81	**	20.04		2.41
4x7	136.00	bc	12.53	**	-0.77		11.76		-10.20 *
1x2	98.58	o	-12.25	**	-3.41		-15.66		-2.01
3x5	99.38	ño	-10.26	**	-0.91		-11.17		0.14
1x7	99.55	ño	-12.25	**	-0.77		-13.02		-3.68
3x6	99.58	ño	-10.26	**	-5.74	*	-16.00		-10.32
1x6	100.85	no	-12.25	**	-5.74	*	-17.99		2.59

† Valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

De acuerdo al Cuadro 4.11 se presentan los valores de los efectos de aptitud combinatoria general para los progenitores que intervienen en cada craza respectivamente y su aptitud combinatoria específica en la progenie para la variable prolificidad a través de cinco localidades. Se observa que la línea 5 combina bien con la línea 8 a pesar de tener el efecto de aptitud combinatoria general negativo dando como resultado un elevado efecto de aptitud combinatoria específica. El progenitor 8 participa en las cuatro mejores cruzas para esta variable, debido a su alto efecto de aptitud combinatoria general, sobresaliendo nuevamente el híbrido 7x8 con el mejor promedio para el carácter rendimiento debido a que la línea 8 tiende a ser muy prolífica es decir tiende a producir dos mazorcas por planta.

Cuadro 4.12 Estimación de la heterosis en los cinco mejores híbridos y los cinco peores híbridos en la población idiotipo.

REND		DFM		DFE		AP		AM		PROL	
HIBR	HETE										
7X8	113	4X8	96	4X8	96	1X6	84	1X6	82	5X8	122
1X8	110	1X8	98	3X8	98	2X7	92	1X5	94	4X8	114
3X4	111	3X4	98	2X8	98	2X5	96	5X7	97	2X8	111
2X6	114	3X8	98	3X4	98	1X2	98	5X8	96	7X8	110
5X6	116	2X4	98	2X4	98	1X7	99	6X7	96	4X7	111
2X5	77	5X7	101	5X7	101	4X7	106	2X4	106	1X2	91
5X7	83	5X6	101	5X6	101	1X8	105	4X7	107	3X5	90
3X6	79	4X7	102	3X6	101	3X8	102	2X3	105	1X7	91
2X7	88	2X5	101	3X5	101	4X6	103	4X6	108	3X6	92
1X6	86	3X6	101	1X3	101	5X6	104	1X8	109	1X6	94

En el Cuadro 4.12 se presentan los valores estimados de heterosis para las cinco cruzas de mayor y menor promedio en cada una de las variables en estudio, donde sobresalen las combinaciones 5x6 y 2x6 con porcentajes de 116 y 114 respectivamente, seguido por las cruzas 3x4, 1x8 y 7x8 son consideradas las de mayor valor heterótico en el carácter rendimiento.

Cabe señalar que las cruzas 7x8 y 1x8 tienen en común a la línea progenitora 8 que cuanta con alto valor en aptitud combinatoria general la cual ayuda a expresar los más altos rendimientos, por otro lado la línea con que se cruza tiene efectos variados en aptitud combinatoria general la línea 7 con -0.41 y la línea 1 con 0.24 , la línea contribuye a heredar el rendimiento además de tener una buena complementaridad que facilite expresar la varianza no aditiva con líneas específicas de cada craza.

En forma general el híbrido mas rendidor fue formado por el cruzamiento específico de las líneas 7x8, además de tener buen comportamiento con las variables analizada, ya que el par de líneas tienen buen efecto aditivo para esas características.

Por otra parte las cruzas que presentaron menor valor heterótico en el carácter rendimiento fueron la 2x5 y 5x7 con 77 y 83 por ciento. Indicando que son las que tienen el rendimiento promedio mas bajo.

Las razones de la poca expresión heterótica se debe a que se realizó el cruzamiento entre líneas progenitoras emparentadas, así como también influye el grado de dominancia que tiene cada una de las líneas, aunado a las frecuencias genéticas de la población.

Es importante mencionar que la crusa 2x6 ocupa el cuarto lugar en rendimiento, expresando buen comportamiento de heterosis con 116 por ciento a pesar de que el progenitor 5 presenta el efecto de aptitud combinatoria general negativo y el 6 con un valor bajo no significativo. Es probable que presente alto rendimiento debido a que su progenie se adapta a los factores ambientales de las localidades en estudio.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye lo siguiente:

Al estimar los componentes genéticos en las variables agronómicas analizadas, los resultados indican que la población presento mayor proporción de efectos aditivos en todos los caracteres evaluados, excepto para la variable rendimiento, que mostró mayor efecto de tipo de dominancia, esto sugiere que puede ser mejorado bajo un esquema de selección recurrente.

Para las características agronómicas prolificidad, días a floración masculina y femenina la heredabilidad es alta facilitando el trabajo del mejorador, mientras que en rendimiento es baja pero existe variabilidad genética en la población para poder seleccionar los materiales de alto potencial de rendimiento.

La línea 53 MN-10 contribuye con efectos positivos de aptitud combinatoria general diferente de cero en el carácter rendimiento, días a floración masculina, femenina, altura de planta y mazorca.

Las cruzas simples con mayor potencial agronómico que se presentaron son:

232 MN-13 A x 53 MN-10 y 232 MN-19 x 53 MN-10

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo con la finalidad de estimar los componentes de varianza genética y la heredabilidad, además, para determinar los efectos de aptitud combinatoria de los progenitores y la aptitud combinatoria específica de las cruzas; en seis caracteres agronómicas en la población de maíz Ideotipo con adaptación al Bajío.

Como material genético se utilizaron las cruzas dialélicas obtenidas con el diseño de apareamiento del método IV de Griffing formadas a partir de 8 líneas con nivel de endogamia S_5 , dichas líneas representativas de la población Ideotipo, que se originó de la transformación de plantas enanas a normales mediante un programa continuo de retrocruzas

Los cruzamientos dialélicos fueron realizados en Tepalcingo, Morelos en el ciclo 2001-2002, se evaluaron en el varano en cinco localidades: Celaya Gto. 2002, La Piedad Mich. 2002, General Cepeda Coah. 2002, Celaya Gto. 2003 y el Prado N. L. 2003. Sembrándose bajo un diseño de bloques incompletos al azar con dos repeticiones. El paquete estadístico que se utilizo para obtener los resultados del análisis dialélico del método IV de Griffing fue efectuado en lenguaje SAS.

Los resultados obtenidos indican que en el grupo Ideotipo existe suficiente variabilidad genética para continuar realizando mejoramiento con expectativas de éxito.

Los estimados de los componentes de varianza genética en los caracteres agronómicos indican que presumiblemente las características en estudio excepto para rendimiento son controladas por genes de acción aditiva razón que permite inferir que se les puede mejorar mediante algún esquema de selección recurrente. En cuanto a rendimiento que mostró ser controlado mayormente por genes con acción de dominancia se sugiere explotar este carácter con algún programa de hibridación, o selección recíproca recurrente.

La heredabilidad para la variable rendimiento es baja pero existe suficiente variación en la constitución genética del grupo lo cual permitirá derivar y seleccionar líneas que pueden ser progenitores de híbridos con buena capacidad heterotica. Para las demás características agronómicas la heredabilidad es alta lo que facilitara el trabajo de el mejorador.

Se estimó la heterosis a trabase de ambientes donde los híbridos 5x6, 2x6 y 3x4 fueron los que presentaron mayor porcentaje con valores de 116, 114 y 111 respectivamente. Destacando la crusa 5x6 que mostró un promedio de 14.805 ton ha⁻¹ misma que se encuentra en el grupo de mayor rendimiento estadístico, además de sobresalir en las variables agronómicas días a floración masculina, femenina y altura de planta.

VI. LITERATURA CITADA

- Allard, R. W. 1960.** Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial Omega S. A. Barcelona España.
- Benítez, R. 1994.** Selección combinada en líneas con diferente nivel de endogamia. 11^o Congreso Latinoamericano de Genética (área vegetal) y XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, N. L., 25-30 de Septiembre 1994. pp:363.
- Comstock, R.E., Robinson, H.F. & Harvey, P.H. 1949.** A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Agron. J.*, 41: 360-367.
- Cubero, J. I. 1999.** Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa México, S. A. de C.V. 365 P.
- Espinosa P.N. and A. Ramírez F. 1997.** General and specific combining ability of tropical maize lines. *In: The genetics and exploitation of heterosis in crops.* Simposium internacional. México D. F. Agosto 17-22 de 1977. p. 298-299
- Falconer D. S. 1986.** Introducción a la genética cuantitativa. Trad. De la 2^a Ed. en inglés en 1981. F. Márquez S. CECSA. México. 383 p.
- González., H. Córdova, S. Rodríguez, H. De León y V. M. Serrato. 1977.** Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de diez líneas de maíz subtropical. *Agronomía Mesoamericana* 8:01-07. Costa Rica.
- Griffing B. 1956.** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:436-493. Australia.
- Hallauer A. R. and J. B. Miranda. 1988.** quantitative genetics in maize breeding. 2^a Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. USA. P. 45-61.
- Jenkins, M.T. 1940.** The segregation of genes affecting yield of grain in maize. *J. Am. Soc. Agron.*, 32: 55-63.
- Jugenheimer, R. W. 1991.** Maíz. Variedades mejoradas, de cultivo producción de semilla. Ed. Limusa. México. D.F.

- Márquez S. F. (1985)** Genotecnia Vegetal. Tomo I. Métodos, Teoría y Resultados. AGT Editor, S. A. 357 p.
- Márquez S. F. (1988)** Genotecnia Vegetal. Tomo II. AGTESA. México. 563 p.
- Molina G., J. D. 1992.** Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (algunas implicaciones en genotecnia). AGT Editor, México, D.F. 349 p.
- Nyquist W. E. (1991)** Estimation of heritability and prediction of selection response in plant populations. *Critical Reviews in Plant Science* 10(3)235-322.
- Ortíz J., F. Navarro y P. Comalat. 1977.** Dialelo de variedades dominicanas de maíz (*Zea Mays* L.). *In: Síntesis de Resultados Experimentales 1993-1995 del PRM.* J. Bolaños (Editor). Guatemala. 5:68-70.
- Poehlman, M. J. 1981.** Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. Séptima reimpresión. México D. F. P. 54.
- Reyes C., P. 1985.** Fitogenética Básica y Aplicada. Ed. AGT. México. 460 p.
- Robles, S. R. 1986.** Genética elemental y fitomejoramiento practico. Ed. Limusa, S.A de C.V., México, D.F., 477 p.
- Sprague G. F. and L. A. Tatum. 1942.** General vs specific combinig ability in single crossos of corn. *Agron. J.*34:923-932.
- Vargas S., J. E., J. D. Molina G. Y T. Cervantes S. 1982.** Efecto de la selección masal en los parámetros genéticos en la variedad de maíz Zac. 58. *Agrociencia* 48:93-106.
- Vasal S. K., González C., G. Srinivasan y N. Vergara. 1992.** Estrategia para integrar mejoramiento poblacional con desarrollo de híbridos en el germoplasma tropical de CIMMYT. *In: Memorias de XXXVIII reunios anual de PCCMCA.* Nicaragua. P. 90-99.
- Vazquez B., M. E., S. A. Rodríguez H., E. Moreno M. Y G. Srinivasam. 1996.** Estimación de los efectos genéticos en seis poblaciones de maíz para evaluar vigor y sanidad de semilla. Premio Nacional de Investigación “Cesar Garza” Asocioación Mexicana de Semilleros. Puerto Vallarta, México. 22p.