

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



A 667

**“LA APTITUD COMBINATORIA COMO
INDICADOR DE LA ACCION GENICA EN 11
POBLACIONES DE MAIZ”
(Zea Maysl)**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION FITOTECNIA

PRESENTA

VICTOR M. RIVERA LARIOS

Guadalajara, Jalisco, 1981.

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 30 de Marzo 1981

C. ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

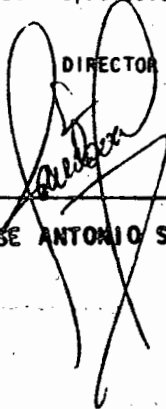
Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____

VICTOR MARGARITO RIVERA LARIOS Titulada:

" LA APTITUD COMBINATORIA COMO INDICADOR DE LA ACCION GENICA
EN 11 POBLACIONES DE MAIZ (Zea mays L.)

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma

DIRECTOR



ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

ASESOR

ASESOR



ING. SALVADOR MENA MUNGUÍA



ING. ANDRES RODRIGUEZ-GARCIA

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA
DIRECCION DEL COMITE PARTICULAR
INDICADO, HA SIDO PROBADA POR EL
MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA LA OBTENCION DEL --
TITULO DE:

I N G E N I E R O A G R O N O M O

ORIENTACION FITOTECNIA

LAS AGUJAS MPIO. DE ZAPOPAN, JAL. ABRIL DE 1981

COMITE PARTICULAR:

DIRECTOR: ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL M.

ASESOR: ING. SALVADOR MENA MUNGUIA.

ASESOR: ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA.

DEDICATORIA

A mi madre
EVANGELINA

Con el cariño y admiración que me supo inspirar. Por su desinteresado sacrificio para ver realizada mi formación profesional.

A mi padre
JESUS

Con respeto y afecto.
Por su motivación y esfuerzo a mi superación.

A mi esposa
YOLANDA

Con todo mi cariño.
Por su total apoyo y comprensión; por ser parte de mis realizaciones.

A mis hijos
VICTOR e
ISAIAS

Con amor.
Por ser motivo de superación.

A mis
HERMANOS

Ernesto, Ana Rosa, Dolores, Jesús, Mercedes,
Adriana, Enrique, Guadalupe, Evangelina, Juan,
Aarón y Gabriela.
Por el afecto que nos mantiene unidos.

A mis Padrinos: OLGA Y ABEL

A mis amigos y compañeros de campo.

AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA DE AGRICULTURA de la Universidad de Guadalajara. Por brindarme los medios para mi formación y facilidades en la realización de este trabajo.

Al ING. M.C. MARIO ABEL GARCIA VAZQUEZ. Por su contribución en forma desinteresada y apoyo moral en la realización del estudio; además de influir en mi disciplina y tenacidad.

A los compañeros Estudiantes Mejoradores de Maíz (EMMA), Por su importante ayuda, sin la cual no se hubiera realizado esta Tesis.

Al COMITE PARTICULAR. Por su colaboración e ideas en la dirección y asesoría de este trabajo.

A mi hermana MERCEDES RIVERA LARIOS. Quien con paciencia y sacrificio realizó la mecanografía de la parte escrita del presente estudio.



**LA APTITUD COMBINATORIA COMO INDICADOR
DE LA ACCION GENICA**

EN 11 POBLACIONES DE MAIZ (*Zea mays* L.)

Victor M. Rivera Larios

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	V
LISTA DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	2
3. OBJETIVOS	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
4.1. Hibridación y Heterosis	4
4.2. Cruzas dialélicas	6
5. MATERIALES Y METODOS	15
5.1. Descripción del material genético	15
5.2. Descripción y proceso del estudio	15
5.3. Diseño experimental	22
5.4. Procedimiento para el análisis estadístico	24
6. RESULTADOS	32
6.1 Análisis de varianza general	32
6.2 Análisis de varianza diseño II de Griffing	32
6.3 Cálculo de componentes de varianza y heredabilidad	37
6.4 Efectos de ACG (\hat{g}_i) y de ACE (\hat{s}_{ij})	38
7. DISCUSION	43
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
9. BIBLIOGRAFIA	48
10. APENDICE	51

LISTA DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Orden de los progenitores de acuerdo al número de días a la floración masculina y femenina. Primavera-Verano 1975. (Para la formación de cruzamientos).	18
Cuadro 2. Tabla dialélica como guía para la formación de los cruzamientos varietales en combinaciones posibles (1975).	19
Cuadro 3. Testigos incluidos para completar el ensayo en diseño de látice simple 9x9 --- (1976)	23
Cuadro 4. Análisis de varianza general para diseño látice simple	25
Cuadro 5. Tabla dialélica	27
Cuadro 6. Análisis de varianza para diseño II de Griffing y extensiones de bloques completos al azar (Martínez, 1975)	28
Cuadro 7. Diferencias para el cálculo de la componente (b).	33
Cuadro 8. Análisis de varianza bloques al azar -- (cruzas, progenitores y testigos)	34
Cuadro 9. Análisis de varianza general látice simple 9x9 (cruzas, progenitores y testigos)	35
Cuadro 10. Análisis de varianza diseño II de Griffing (cruzas y progenitores).	36
Cuadro 11. Comportamiento de los progenitores en base a sus efectos de ACG (\hat{g}_i), es orden descendente.	39

Cuadro 12. Comportamiento de las 55 cruzas dialélicas en base a sus efectos de ACE (\hat{S}_{ij})	40
Cuadro 13. Comportamiento de las 10 mejores cru- zas dialélicas en base a sus mayores efectos de ACE (\hat{S}_{ij}) y en forma des- cendente	41
Cuadro 14. Valores de rendimiento y algunas ca- racterísticas agronómicas de los pro- genitores evaluados. Cajititlán 1976.	54
Cuadro 15. Valores de rendimiento y algunas ca- racterísticas agronómicas de los cru- zamientos evaluados. Cajititlán 1976.	55

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Escala de valores genotípicos(vg) para un locus con dos alelos. Las flechas indican las posiciones posibles de vg para Aa que dan lugar a los correspondientes tipos de acción génica.	10
Figura 2. Esquema de siembra y establecimiento de 11 poblaciones de maíz, procedimiento de polinización manual (primavera-verano 1975)	17
Figura 3. Esquema de polinización manual primavera-verano 1975	21
Figura 4. Esquema del estudio de Aptitud Combinatoria. Secuencia a seguir obtenida la información.	31
Figura 5. Esquema del cuadro con tratamientos sorteados en forma aleatoria, como base para el grupo 'X'	52
Figura 6. Esquema del cuadro con tratamientos sorteados en forma aleatoria como base para el grupo "Y".	53



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

RESUMEN

Por el interés que se tiene de conocer, de una manera eficiente, la información sobre el comportamiento genético de variedades, líneas o razas y así continuar en forma precisa con la aplicación del método de mejoramiento para explotar al máximo la varianza de aditividad y dominancia contenida en el material genético, el presente trabajo se encamina al estudio de la Aptitud Combinatoria General y Específica de 11 poblaciones de Maíz.

Con el objeto de determinar los componentes de varianza, predecir la metodología apropiada a seguir en el mejoramiento y detectar las mejores cruza, el primer ciclo fue la formación de híbridos intervarietales por medio de la técnica de cruza dialélicas y aumento de los progenitores, y en el segundo ciclo se evaluaron 55 cruza directas F_1 resultantes con sus progenitores.

En primer lugar se observó diferencia significativa al 1% para bloques y tratamientos en el análisis general de láctice, y en el análisis dialélico se tuvo diferencia significativa al 1% para ACG y al 10% para tratamientos. Esto indica que es más importante la aditividad y que las poblaciones pueden ser útiles en programas de selección para explotar al máximo dicha proporción.

Se sugiere evaluar los cruzamientos con un número adecuado de repeticiones para obtener información más confiable ya que de las utilizadas en ésta se concluye que no fueron suficientes para el diseño.

1. INTRODUCCION

En México, por razones históricas y económicas, el maíz tiene un lugar preponderante sobre los demás cereales como alimento fundamental, pese a que su producción no ha sido paralela al aumento demográfico. La obtención de variedades mejoradas es importante para subsanar en parte la problemática del País y para ésto son necesarios estudios genéticos preliminares, que apoyen las metodologías del mejoramiento para manipular de una manera precisa los incrementos en rendimiento de las variedades de maíz.

La importancia del mejoramiento genético de poblaciones de maíz radica en que éstas pueden ser utilizadas en las siembras comerciales y en programas de mejoramiento por selección e hibridación. Para ello es indispensable conocer su Aptitud Combinatoria General y Específica, pues de acuerdo al tipo de varianza genética que exista dentro de una población permitirá definir el método de mejoramiento apropiado para explotar de una manera eficaz la proporción de varianza genética implicada. En el presente trabajo se trata de describir de una manera general los efectos de la Aptitud Combinatoria de 11 poblaciones de maíz, auxiliándose con la técnica de cruza dialélicas para la información de Aptitud Combinatoria General y Específica, así como también se dan algunas sugerencias de los métodos de mejoramiento apropiados que puedan ser aplicados a las poblaciones en estudio.

2. HIPOTESIS

La hipótesis en que se basa el presente estudio es la siguiente:

"Es posible determinar e interpretar la Aptitud Combinatoria de las diferentes cruzas intervarietales para rendimiento y aplicar dichos resultados a la manipulación de las componentes de varianza genética".

Esta hipótesis está basada en el concepto de que:

-La teoría de la variación continua permite conocer con anticipación el modo específico en que actúan los genes de una variedad y así predecir el sistema de mejoramiento adecuado.

3. OBJETIVOS

Básicamente el enfoque de éste estudio está orientado hacia:

3.1. Determinar las componentes de varianza y efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica para las variedades en estudio.

3.2. La elección del método de mejoramiento adecuado, para el aprovechamiento en forma eficaz de la variabilidad de cada uno de los materiales incluidos.

3.3. La determinación de las mejores cruzas intervarietales, por su heterosis expresada en rendimiento y la utilización de éstas en forma comercial.

3.4. Aportación de germoplasma básico para la continuación del mejoramiento de cada variedad.

4. REVISION DE LITERATURA

A continuación se presenta una revisión de literatura con relación a los diferentes aspectos ligados a las Aptitudes Combinatorias tanto General como Específica.

4.1. HIBRIDACION Y HETEROSIS

Una de las formas mediante la cuál distintas especies han evolucionado es la Hibridación Natural; dado que la primera generación de la descendencia de una cruce entre dos individuos genéticamente diferentes es considerada como híbrido. Para el caso del maíz, el hombre ha imitado a la naturaleza utilizando la hibridación y selección en el sentido deseado y obtener así poblaciones mejoradas. Mall et al. (1962). Practicamente el objetivo final en algunos programas de mejoramiento de maíz es el desarrollo de variedades híbridas con promedios de rendimiento que manifiesten la máxima explotación de la heterosis; pero, sobre todo que tengan estabilidad en su comportamiento. García (1978).

El fenómeno de heterosis se define como el vigor híbrido F_1 que cae fuera del intervalo de sus progenitores con respecto a uno o varios caracteres. Robles (1971).

4.1.1. Hibridación Intervarietal. Los genetistas que han estudiado el desarrollo de razas de maíz, consideran de gran importancia el cruzamiento entre varios tipos y especies afines, por haber provisto la variabilidad necesaria para el desarrollo de tipos más productivos. Wellhausen (1952) ha surgido que la hibridación intervarietal fué uno de los factores importantes para la presente diversidad de tipos de maíz encontrados en México. La posibilidad de aumentar el rendimiento de maíz usando la F_1 , de cruzamientos intervarietales, fué reportado primeramente por Beal (1877) de cuyos resultados declara que los híbridos probados sobre pasan en rendimiento a los progenitores en cantidades que oscilan desde 10 hasta 50 por ciento. Estos resultados die

ron lugar a los extensos estudios de cruzamientos intervarietales.

Richey (1922), resumió los datos de 244 comparaciones de híbridos intervarietales; de éste número 82.4% produjeron más y el 17.2% produjeron menos que el promedio de los padres. Ligeramente más que la mitad de los cruzamientos (55.7%) produjeron rendimientos en exceso del más alto de los padres.

Más recientemente, la inquietud en el estudio de las variedades y de los cruzamientos varietales de maíz se ha modificado por el deseo de determinar el tipo de acción génica y Aptitud Combinatoria, responsables de la heterosis, -- por medio de la técnica de cruza dialélicas.

Robinson et al. (1956), para estudiar la diversidad genética entre 6 variedades de maíz, efectuó 15 cruzamientos posibles; en la generación F_1 se encontró que ésta promedia ba, en rendimiento, cerca de un 20% más que el promedio de los padres y 11.5% más que el mejor padre. Los resultados obtenidos fueron indicativos de la gran diversidad genética entre las variedades estudiadas.

En un estudio reportado por Lonquist y Gardner (1961) -- comparan el rendimiento de 66 cruza F_1 intervarietales con sus 12 variedades progenitoras en donde los resultados se -- obtuvieron de 4 pruebas; los cruzamientos F_1 promediaron -- 8.5% sobre el promedio parental y 2.8% sobre el mejor padre. De lo anterior resalta la importancia que representa la hibridación intervarietal como un recurso en todo programa de mejoramiento genético al incrementar la variabilidad y ampliar la posibilidad de seleccionar material deseable para formar híbridos o variedades.

En el mejoramiento de maíz la hibridación intervarietal ha jugado un papel doble, ya que ha provisto de germoplasma básico para el mejoramiento posterior y suplió parte de la primera información sobre heterosis, dando estímulos para -- trabajos posteriores de hibridación y endocria. Sprague --- (1955).

4.2. CRUZAS DIALELICAS

La estimación de las componentes de varianza, permite definir el enfoque apropiado en los programas de mejoramiento, para lo cual se efectúa la planeación de experimentos de cruzas dialélicas, técnica importante de investigación dentro del campo de la Genética Cuantitativa. Constantemente se presenta la necesidad de emplear éste procedimiento para el estudio genético de las poblaciones. De acuerdo con éstas necesidades y objetivos, los métodos al igual que los problemas considerados han sido diversos. En ésta sección se presenta la tendencia que han tenido las Cruzas Dialélicas.

4.2.1. Antecedentes y Conceptos Básicos. Las Cruzas Dialélicas tienen su origen en el desarrollo de los conceptos de Aptitud Combinatoria General y Específica, establecidos por Sprague y Tatum (1942).

Investigadores como: Sprague y Tatum, Anderson, Griffing, Rojas y Medina han utilizado las cruzas dialélicas para definir y aplicar los conceptos de Aptitud Combinatoria General y Específica, mientras que otros como: Hull, Jinks, Hayman, Escobar y Molina las han utilizado para obtener procedimientos que permiten estudiar a los padres en particular.

Hayman (1960), para el análisis genético de cruzas dialélicas se distinguen tres puntos de vista.

a). El material.- El cual se ajusta a dos arreglos, dependiendo de la forma de muestreo, en los modelos de Eisenhart (1947). Citado por Martínez (1975):

-Modelo 1. Es aquél en que todos los efectos genotípicos son considerados como constantes; se la llama también modelo fijo y considera al material experimental como la población sobre la cual se pueden hacer las inferencias. Este modelo tiene como objetivo conocer el comportamiento de los progenitores como tales, o sea, comparar Aptitudes Combinatorias cuando se les usa como probadores por sí mismos,

y en la identificación de las combinaciones de altos rendimientos.

-Modelo II. Es aquél en que todos los efectos genotípicos son considerados como variables aleatorias; se le llama también modelo aleatorio de la población sobre la cual se hacen las inferencias (parámetros). Este modelo tiene como objetivo estimar las componentes genéticas y ambientales de la compleja varianza poblacional. Griffing (1956), indica que ambos modelos son posibles para análisis genéticos, presentando ejemplos y comparándolos.

b). El mecanismo genético.- Refiriéndose a lo que se puede llamar como modelos estadísticos y genéticos de acción génica. Sobre éste punto, Griffing (1956), da importancia a los conceptos de Aptitud Combinatoria, mientras que Hayman(1960), describe el modelo genético fundamental cuantitativamente.

c). Los métodos de estimación.- Sobre éste punto se observan dos tendencias: Griffing y Kempthorne hacen estimaciones a partir de la tabla dialéctica tomando en cuenta además de las cruza, la Aptitud Combinatoria General y Específica como fuente de variación; en cambio Hayman y Jinks hacen estimaciones basadas en la división de la varianza genética de 5 componentes (del valor fenotípico) Martínez(1975).

Por otra parte de acuerdo con Hayman(1960), discute los modelos I y II, considerando el apareamiento aleatorio y relacionando a la vez con 5 componentes de variación genética con Aptitud Combinatoria General y Específica. Por su parte Metzinger y Kempthorne, citado por Cockerham (1963), examinan las relaciones entre las componentes genéticas clásicas de la varianza y los efectos de Aptitud Combinatoria, subrayando en la estimación de la interacción genético-ambiental.

4.2.1.1. Aptitud Combinatoria General y Específica (ACG y ACE). Sprague y Tatum (1942) definen el concepto de ACG como el comportamiento de una línea en combinaciones híbridas

y ACE como aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que se podría esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas.

En el mejoramiento genético, los conceptos de Aptitud Combinatoria son cada vez más importantes y útiles para estudiar y comparar el rendimiento de líneas, variedades o razas en combinaciones híbridas.

Sprague y Tatum (1942), de una serie de ensayos con cruza simples determinaron que la ACG, fué más importante --- cuando se usaron líneas sin probar o seleccionar previamente y conforme las líneas eran seleccionadas o probadas, la ACE fué más importante. El concepto de mayor interés es la constancia de tales estimaciones cuando los ensayos se repiten en series de localidades o años. Rojas (1951) ha desarrollado modelos matemáticos para la estimación de las varianzas para ACG y ACE de cruza simples, citado por Sprague (1955).

Rojas y Sprague (1952), reportan los resultados de un estudio de cruza simples, evaluado en dos localidades durante tres años para comparar las varianzas de ACG y ACE, así como sus interacciones con el medio ambiente; encontraron que, en los ensayos individuales, la varianza de ACE -- fué mayor que la varianza de ACG, estos resultados estuvieron de acuerdo con los obtenidos por Sprague y Tatum (1942) Sin embargo al incluir localidades y años, los valores estimados fueron aproximadamente iguales. Las componentes para las interacciones de ACG con localidades y años fueron menores que las correspondientes a las anteriores de ACE -- con localidades y años.

Medina (1965), realizó un estudio para analizar la heterosis resultante de cruza dialélicas con siete variedades y encontró que la varianza de ACE fué mayor que la ACG, comprobando que las variedades que han sido seleccionadas previamente para ACG muestran una reducción en la varianza de

la misma; sin embargo, ciertas variedades mostraron más varianza de ACG que otras. Citado por Rivera (1977).

4.2.1.2. Acción e Interacción Génica. La teoría de la variación genética fundamental fué ideada por Fisher (1918) Wright (1922) y Haldane (1920), de la cuál es responsable los genes múltiples o poligenes produciendo efectos acumulativos sobre un solo caracter de herencia cuantitativa, los efectos de los genes cuantitativos resultan de una acción parecida a la de los genes cualitativos, por lo tanto se puede prever la actividad génica de poblaciones en donde los genes funcionan de un modo específico, Brewbaker (1967) Entre la actividad génica que debe tomarse en cuenta está: la dominancia, aditividad y sobredominancia que son del tipo de interacción intralocus, luego, dentro de la interacción intralocus la más importante es la epistasis.

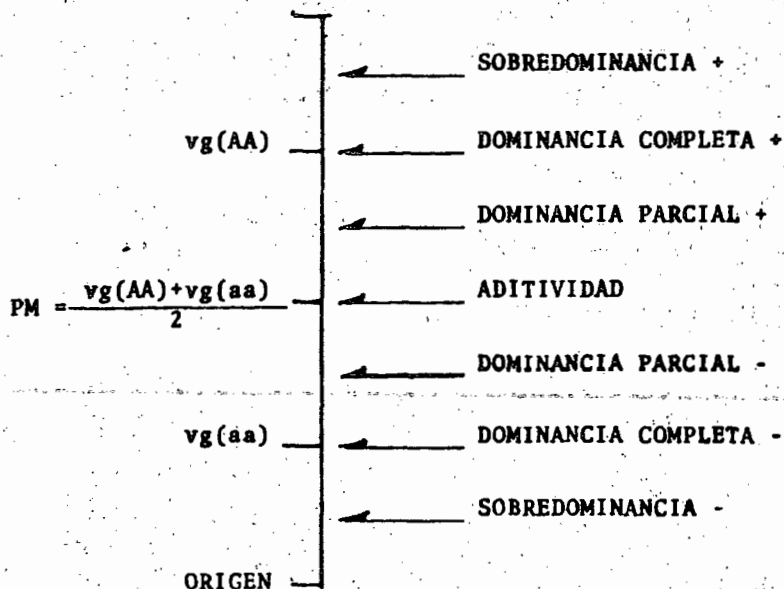
Cuando cada alelo contribuye con igual intensidad en forma lineal a una característica determinada, se dice que son efectos aditivos o que no hay dominancia. Cuando el efecto del heterocigoto se manifiesta en una magnitud mayor o menor que el esperado, considerado como la media de los dos alelos, entonces se dice que hay dominancia, ésta puede ser parcial, total o de sobredominancia y negativa o positiva de acuerdo a cuales fenotipos de los progenitores hayan sido identificados como dominante o recesivo, (ver Figura 1) Poey (1975).

Cuando se trata de poligenes, no es posible medir la acción génica de cada alelo que interviene en la característica, pero si se puede estimar el efecto medio resultante de todos mediante cruza dialélicas. La acción individual de esos alelos puede ser aditiva, dominante o de interacción, algunos sumados y otros restados del valor fenotípico. La suma algebraica de éste efecto determinará entonces la acción génica promedio que caracteriza la variable en cuestión, o sea:

Figura 1.

ESCALA DE VALORES GENOTIPICOS (vg) PARA UN LOCUS CON DOS ALELOS. LAS FLECHAS INDICAN LAS POSICIONES POSIBLES DE vg PARA Aa QUE DAN LUGAR A LOS CORRESPONDIENTES TIPOS DE ACCION GENICA.

TIPO DE ACCION GENICA



$$P = A + D + I + E$$

En donde:

- P = Es el valor fenotípico.
- A = Es la suma de los efectos génicos medios (aditivos).
- D = Es la desviación de dominancia.
- I = Es el efecto atribuible a la interacción por epistasis.
- E = Es la desviación ambiental.

La interacción genético-ambiental, se calcula conociendo el factor ecológico (E).

Es importante definir la acción genética que determina cada característica de interés para poder orientar eficazmente su selección. La elección del más eficiente procedimiento de mejoramiento depende del conocimiento de los sistemas génicos, que controlan la característica en cuestión, Poey (1975).

La epistasis es un fenómeno distinto al de la dominancia, ya que es la expresión atribuible a un fenómeno de interacción de uno o más genes no alelos de genes con que interacciona, pero, dependientes de uno o varios factores enmascarados por la interacción, Robles (1971). Las propiedades de ésta interacción génica las investigaron Cockerham (1954), y Kempthorne (1954), citado por Martínez (1975), y poco se sabe respecto a la importancia que tiene en relación con las otras componentes. Sin embargo, de acuerdo con los estudios, la cantidad de varianza con que contribuye es pequeña. La importancia en la expresión de varias características agronómicas las reportan numerosos trabajos: Gorline (1961), establece la epistasis como una parte del sistema genético, controlando gran parte del rendimiento que de otras características en maíz; Sprague (1962) también ha indicado que la epistasis tiene mucha influencia en el rendimiento. Stuber y Moll (1969) detectan la epistasis

en ciertas combinaciones de líneas de maíz, pero la contribución de ésta sobre la varianza genética total no llega al 10% (citado por Ketata 1976).

4.2.2. Diseño de Griffing. Como se ha visto, las cruas dialélicas estiman las componentes de varianza entre los rendimientos, así como la capacidad productiva de las cruas. El sistema de cruas dialélicas parte de un grupo de "p" líneas, variedades o razas, las cuales cruzadas en las formas posibles dá como resultado p^2 combinaciones dadas por:

"p" autofecundaciones paternas.

$1/2$ $p(p-1)$ cruas F_1 directas.

$1/2$ $p(p-1)$ cruas F_1 recíprocas.

Griffing (1956), con lo anterior genera cuatro métodos o diseños experimentales dependiendo de que se deseé incluir o no a los progenitores, F_1 recíprocas o ambos. Dichos diseños son:

Diseño 1, incluye las "p" autofecundaciones, las cruas F_1 directas y las recíprocas. O sea las p^2 cruas posibles.

Diseño 2, ensaya las "p" autofecundaciones y las cruas F_1 directas.

Diseño 3, ensaya las cruas F_1 directas y sus recíprocas. O sea $p(p-1)$.

Diseño 4, sólo prueba las cruas F_1 directas.

Los diseños que no incluyen a los progenitores se les llama métodos de cruas dialélicas modificados como es el caso del diseño 3 y 4.

4.2.2.1. Conceptos Estadísticos. Para estimar las muestras consideradas o realizar inferencias válidas acerca de los parámetros poblacionales, es necesario, primero, distinguir entre las siguientes suposiciones:

a) El material experimental en conjunto es tomado como una muestra al azar de la población, donde se harán las inferencias.

b) El material experimental es previamente seleccionado, pero puede considerarse como la población completa donde se harán las inferencias;

Luego determinar los parámetros genéticos, su interpretación en términos de un modelo genético y adoptar el diseño de evaluación más adecuado para la prueba de hipótesis. Los parámetros genéticos más importantes son: los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genotípica de la población original, los cuales resultan de los componentes del valor fenotípico, o sea:

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$$

pero:

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_{NA}^2$$

entonces:

$$\sigma_F^2 = \sigma_A^2 + \sigma_{NA}^2 + \sigma_E^2$$

La varianza no aditiva (σ_{NA}^2) se refiere a las varianzas de dominancia y epistática (σ_D^2 y σ_I^2) y el valor fenotípico queda como siguiente:

$$\sigma_F^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + \sigma_E^2$$

Los componentes genéticos aditivos y no aditivos se estiman a partir de ACG y ACE.

Griffing (1956) propone un modelo lineal para el análisis de los experimentos dialélicos, cuando el examen se basa en las medias por cruza, para obtener así el valor fenotípico observado para la cruza en cuestión. De acuerdo como Martínez (1975) dicho modelo se escribe:

$$Y_{ijk} = u + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + e_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = valor fenotípico observado de la cruce con progenito res i y j , en el bloque k .

u = media poblacional o efecto común a todas las observaciones.

g_i = efecto de ACG del progenitor i .

g_j = efecto de ACE de la cruce (i,j) .

e_{ijk} = efecto ambiental aleatorio correspondiente a la ob--
servación (i,j,k) .

Los efectos g_i , s_{ij} , r_{ij} , y e_{ijk} , se consideran como va
riables aleatorias no correlacionadas entre y dentro de ---
ellas, todas con media cero y varianzas σ_g^2 , σ_s^2 , σ_r^2 , y σ_e^2 --
respectivamente.

5. MATERIALES Y METODOS

A continuación se describe el material utilizado, el lugar de estudio y la forma como se desarrolló el trabajo de campo.

5.1. DESCRIPCION DEL MATERIAL GENETICO

Los materiales utilizados para los fines de éste estudio fueron 11 poblaciones mejoradas de maíz, las cuales son:

1. Puebla grupo I.
2. Amarillo del Bajío.
3. Sintético 1-20.
4. Lineas III x Eto.
5. Tuxpeño de Altura.
6. Tuxpeño x Antillano Selección blanca.
7. Compuesto Interracial tardío.
8. Compuesto 301 selección cuatera.
9. Compuesto II Celaya S.M.C. ciclo I.
10. Compuesto II Celaya S.M.C. ciclo III.
11. Compuesto II Celaya S.M.C. ciclo IV.

De éstos, sólo el sintético 1-20 y los ciclos de selección del compuesto II Celaya, se formaron en la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara. Las demás variedades fueron proporcionadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y aumentadas en los campos de la Escuela para diversos estudios subsecuentes. Estas poblaciones son generaciones avanzadas con evaluaciones en diferentes localidades y diferentes Países.

5.2. DESCRIPCION Y PROCESO DEL ESTUDIO

El desarrollo del trabajo de campo presentó dos etapas: La formación de cruza intervarietales; y la evaluación de la progenie para la estimación de las componentes y efectos de ACG y ACE en lo que respecta al rendimiento.

Primera Etapa. En el ciclo primavera-verano de 1975 se sembraron los materiales bajo condiciones de medio riego en los campos experimentales de la Escuela de Agricultura localizados en los Belenes, Zapopan, Jalisco. De cada material, en 20 surcos de 5 metros de largo, con separación de 0.75 metros entre surcos y 0.25 metros entre matas, se sembraron dos semillas por mata, ver Figura 2.

Labores. Al momento del surcado se fertilizó con la mitad del nitrógeno total y todo el fósforo de la fórmula ---120-40-00, recomendada para la zona, junto con insecticida para el suelo. Después de sembrarse se aplicó herbicida pre-emergente con 3Kg. de Gesaprim 50 en 400 litros de agua por hectárea. A los 10 días de nacido se aplicó 10 Kg/ha de Diptréx al 4% granulado para el control del gusano cogollero, por medio de un pomo tipo "salero" y dirigido al cogollo. La segunda mitad del nitrógeno se aplicó en la primera y segunda escarda.

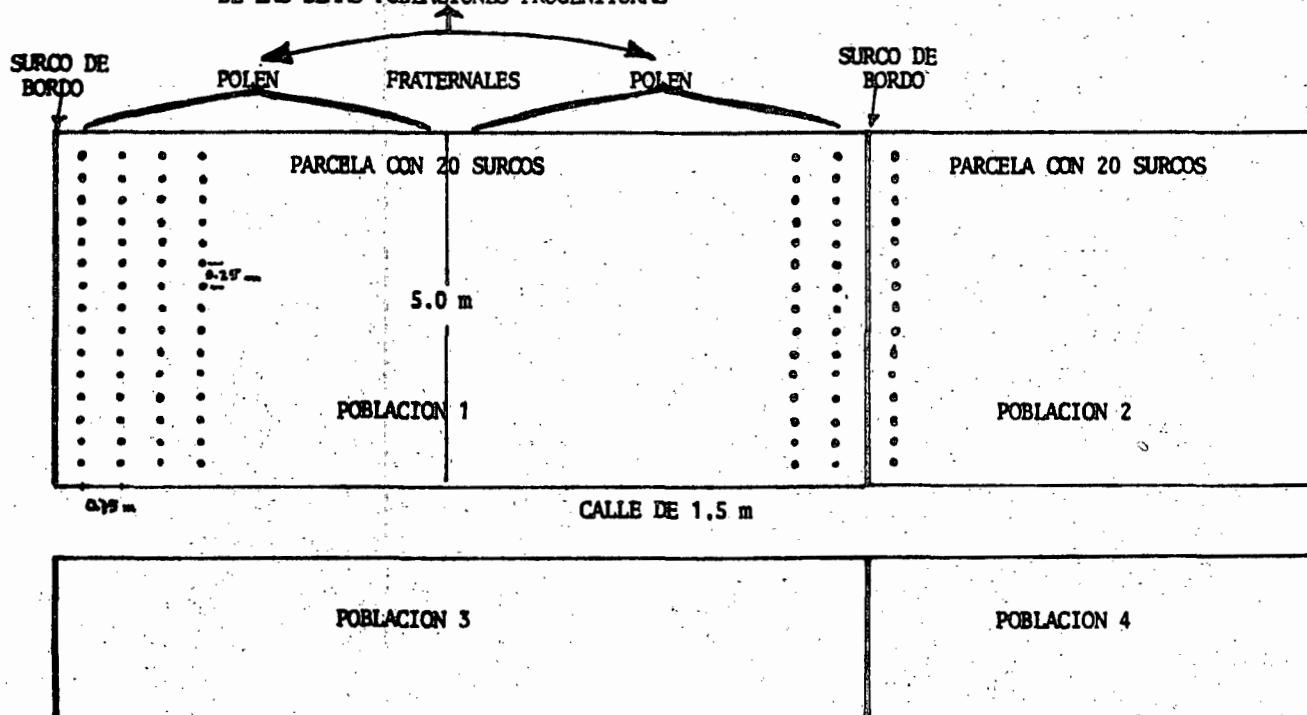
Metodología de Cruzamiento. Al momento de la floración se efectuaron las cruza utilizando el sistema dialélico, debido a que no fué de interés los efectos maternos, los cruzamientos se realizaron en un sólo sentido, es decir no se hicieron recíprocas, de tal manera que se usó el diseño 2 de Griffing, donde se incluye a los progenitores y $1/2 p(p-1)$ de cruza F_1 directas; según esto es indiferente emplear un progenitor como hembra o como macho para la cruz, pero, de acuerdo con el material genético fué preciso considerar la fecha de floración, tanto masculina como femenina ya que no coincidieron todas las poblaciones de maíz, ver Cuadro 1., y de acuerdo con esto se enumeró cada población para la formación de las cruza posibles según la tabla dialélica del Cuadro 2.

Además de las cruza posibles, se hizo un promedio de 35 cruza fraternales (cruza entre plantas de una misma variedad) en cada población, para así aprovechar el ciclo y aumentar la semilla de cada variedad. Para la formación de éstas cruza se procedió a colectar el polen del 50% de ---

Figura 2.

ESQUEMA DE SIEMBRA Y ESTABLECIMIENTO DE 11 POBLACIONES DE MAIZ (PROCEDIMIENTO PARA POLINIZACION MANUAL GRAFICADO) PRIMAVERA-VERANO 1975.

MEZCLA DE POLEN PARA CRUZAR CON 5 PLANTAS SELECCIONADAS DE LAS DEMAS POBLACIONES PROGENITORAS



Cuadro 1.

ORDEN DE LOS PROGENITORES DE ACUERDO AL NUMERO DE DIAS A LA FLORACION MASCULINA Y FEMENINA. PRIMAVERA-VERANO 1975...
(PARA LA FORMACION DE CRUZAMIENTOS)

PROGENITOR	GENEALOGIA	DIAS A FLORACION	
		♂	♀
1	Comp. 301 Sel. Cuat.	73	76
2	Tuxpeño X Antillano	71	75
3	Tuxpeño de Altura	72	77
4	Comp. Int. Tardío	80	85
5	Puebla Gpo. I	82	85
6	Lineas III X Eto	70	77
7	Sintético 1-20	68	73
8	Amarillo del Bajío	69	74
9	Comp. II Celaya S.M.C. ciclo I	68	76
10	Comp. II Celaya S.M.C. ciclo III	69	75
11	Comp. II Celaya S.M.C. ciclo IV	67	74

Cuadro 2.

TABLA DIALELICA COMO GUIA PARA LA FORMACION DE LOS CRUZAMIENTOS VARIETALES, EN COMBINACIONES POSIBLES (1975).

1 (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)

2 (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)

3 (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)

4 (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)

5 (6, 7, 8, 9, 10, 11)

6 (7, 8, 9, 10, 11)

7 (8, 9, 10, 11)

8 (9, 10, 11)

9 (10, 11)

10 (11)

plantas de la variedad y llevado al otro 50% y viceversa, así para cada variedad. Ver Figuras 2 y 3. Para todas las cruza, dialélicas y fraternales, siempre se usó mezclas de polen de plantas seleccionadas con características agrónomicas deseables, tales como: Altura de planta (media) altura de mazorca (de fácil cosecha manual y mecánica), hojas no muy horizontales, competencia entre plantas, prolificidad, acáme y coincidencia en la floración (masculina y femenina)

Cosecha. A la cosecha (28 de Octubre de 1975), se procedió primero a pelar las mazorcas dejandolas en la misma planta y luego seleccionando; en forma objetiva se eliminaron las plantas podridas tanto del tallo como la mazorca cuidando siempre de tener completo el dialélico. De tal manera se obtuvo un promedio de 3 mazorcas por cada serie de cruza planeados y otros 20 fraternales por población varietal, Las mazorcas seleccionadas se desgranaron separadamente formando familias y se clasificaron con su respectiva genealogía.

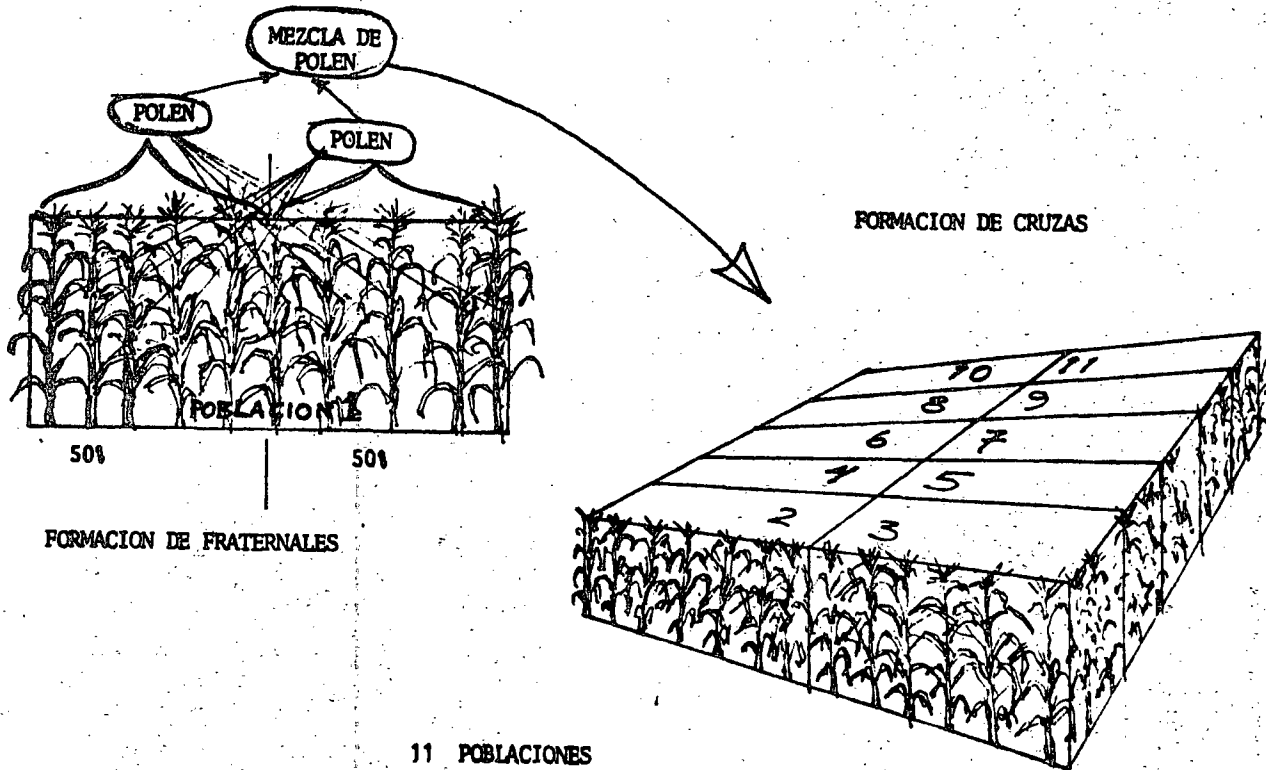
Segunda Etapa. Consistió en la evaluación de las cruza, en el ciclo primavera-verano 1976 en Cajititlán, Jal.

Localización del experimento. El ensayo se llevó a cabo en Cajititlán municipio de Tlajomulco, Jalisco; situado a 1575 m.s.n.m., con 20°28' de latitud N y 103°21' de longitud W, de clima tipo Cwa según Koppen, semicálido de 800 mm. anuales.

Siembra. La siembra se estableció el 8 de mayo de 1976 bajo condiciones de medio riego. El terreno fué preparado conforme los métodos mecánicos tradicionales que incluyen barbecho, rastreo y surcado (después de un riego a capacidad de campo), el resto de las labores culturales durante el ciclo fueron similares a las efectuadas en la primera etapa.

Figura 3.

ESQUEMA DE POLINIZACION MANUAL (PRIM.-VER. 1975)



5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se sometió a evaluación 11 progenitores y 55 cruza posibles ($1/2 p(p+1)$) bajo el diseño de látice simple 9×9 , -- por ser el más adecuado a las necesidades del estudio, con una repetición para cada grupo ("X" y "Y") por contar con semilla insuficiente para completar el diseño se adicionaron 15 testigos con híbridos, poblaciones avanzadas y sintéticos, los cuales se presentan en el Cuadro 3. En el apéndice se pueden observar las figuras correspondientes al sorteo de tratamientos para cada grupo (X, Y) en forma aleatoria.

Toma de datos. Al momento de la floración y al final del ciclo, se tomaron los siguientes datos en cada parcela de las dos repeticiones:

-Días a floración. Número de días a partir de la siembra, inflorescencia masculina y femenina.

-Altura de planta y mazorca. Distancia del nivel del suelo hasta la base de la inflorescencia masculina y distancia del nivel del suelo hasta el internudo de la mazorca -- principal respectiva.

-Acame de raíz y tallo. Número real de plantas acamadas, una semana antes de la cosecha.

-Peso de campo. En kilogramos por parcela.

-Número de plantas cosechadas. Número real de plantas con mazorca.

-Porcentaje de humedad. En base a una mazorca al azar de más de 100 gramos por parcela.

-Podrición y apariencia de planta y mazorca. Usando escala objetiva de 1 a 9. De tal manera que 1 será lo mejor y 9 lo peor en ambos aspectos.

La cosecha se llevó a cabo el 23 de Octubre de 1976.

Cuadro 3.

TESTIGOS INCLUIDOS PARA COMPLETAR EL ENSAYO EN DISEÑO DE --
LATICES SIMPLE 9x9, (1976).

TESTIGO	GENEALOGIA	PROCEDENCIA
1	T 27	NORTHRUP KING Y CIA.S.A.
2	T 80	NORTHRUP KING Y CIA.S.A.
3	TC 41	NORTHRUP KING Y CIA.S.A.
4	TC 43	NORTHRUP KING Y CIA.S.A.
5	TC 45	NORTHRUP KING Y CIA.S.A.
6	NK 991	NORTHRUP KING Y CIA.S.A.
7	H 507	PRONASE
8	PIONER 515	LA HACIENDA
9	SINTETICO 1-5	ESC. DE AGRICULTURA UDEG
10	SINTETICO 1-10	ESC. DE AGRICULTURA UDEG
11	SINTETICO 1-25	ESC. DE AGRICULTURA UDEG
12	SINTETICO 1-50	ESC. DE AGRICULTURA UDEG
13	109-5 # 120 o ₂	ESC. DE AGRICULTURA UDEG
14	805-5 # 460 o ₂	ESC. DE AGRICULTURA UDEG
15	Comp. K x Ver. 181 o ₂	ESC. DE AGRICULTURA UDEG

Manejo de datos. Con el proceso del trabajo de campo desarrollado, fué posible recopilar los datos necesarios para el análisis tanto general como dialélico y así obtener la información de efectos ACG y ACE que prueben la veracidad de la hipótesis planteada, para explotar eficazmente las fracciones génicas de la varianza total, para rendimiento de grano, contenidas en cada variedad por medio del método de mejoramiento adecuado.

5.4. PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS ESTADISTICO

Para conocer los resultados e interpretarlos fué necesario desarrollar el análisis en las siguientes fases.

5.4.1. Análisis de Varianza General. Aquí se consideró a todos los tratamientos (cruzas y progenitores) incluyendo los testigos con el objeto de detectar diferencias entre ellos que justifique el análisis dialélico y así conocer los efectos de ACG y ACE. Este análisis se desarrolla bajo el diseño de látice simple 9x9 el cuál tiene la característica de desglosar la varianza debida al error en dos componentes (a) y (b) y que es la variabilidad de la heterogeneidad existente en bloques incompletos y se calculan cuando se tienen dos repeticiones para cada grupo "X" y "Y". Para este caso se tiene una repetición por grupo y solo se considera la componente (b) ya que mide la variabilidad entre bloques incompletos de distinto grupo. En el Cuadro 4 se muestra la estructura para este análisis.

5.4.2. Análisis Dialélico. Obtenida la significancia en el análisis anterior fué suficiente para el análisis dialélico, incluyendo la serie de cruzas F_1 y sus progenitores o sea $1/2 p(p+1)$ y utilizando el diseño II de Griffing (1956) con el modelo lineal de la sección 4.2.2.1. reducido a:

$$Y_{ijk} = u + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

$$1 \leq i, j \leq p, k = 1, 2, \dots, r.$$

Cuadro 4.

ANALISIS DE VARIANZA GENERAL PARA DISEÑO LATICE SIMPLE

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS
Tratamientos	$t - 1$	$\frac{(x_1 + x_2)^2}{r} - \frac{(\sum x)^2}{N}$
Repeticiones	$r - 1$	$\frac{(\sum x_1)^2 + (\sum x_2)^2}{t} - \frac{(\sum x)^2}{N}$
Componente (b)	$b - 2$	$\frac{\sum dif_1^2}{rk} - \frac{\sum dif}{rk^2} + \frac{\sum dif_2^2}{rk} - \frac{\sum dif}{rk^2}$
Bloques	$b - 2$	SC Comp. (b)
Error Exp.	Por diferencia	$SC_T - (SC_t + SC_r)$
Total	$N - 1$	$\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$

si:

$$g_i + g_j + s_{ij} = M_{ij}$$

entonces el modelo será:

$$Y_{ijk} = u + M_{ij} + e_{ijk}$$

Para el cálculo de la suma de cuadrados para ACG y ACE, del análisis de varianza, fué necesario auxiliarse de la ta dialélica que se presenta en el Cuadro 5.

El Cuadro 6 presenta el análisis de varianza del diseño II de Griffing, en diseño bloques al azar, en donde 'p' es igual al número de progenitores, 'r' es el número de repeticiones y 'q' el número de veces que se ensayan las autofecundaciones, en éste caso $q = 1$.

Para el cálculo de las varianzas estimadas se utilizaron las siguientes fórmulas sustituyendo con los datos del Cuadro 5.

$$\hat{\sigma}_e^2 = \text{CM error}$$

$$\hat{\sigma}_s^2 = \frac{(2q + p - 1)(4q + p - 2)}{r [(4q + p - 2)^2 - (4q^2 + p - 2)]} [\text{CM}_{ACE} - \text{CM}_{\text{error}}]$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{1}{4q + p - 2} \left[\text{CM}_{ACG} - \frac{r(4q^2 + p - 2)}{4q + p - 2} \hat{\sigma}_s^2 - \hat{\sigma}_e^2 \right]$$

Ahora para el cálculo de la varianza genética aditiva y de dominancia se utilizan las siguientes fórmulas, (según Kempthorne y Curnow) Martínez (1975).

$$\sigma_A^2 = 4 \sigma_g^2$$

$$\sigma_D^2 = 4 \sigma_s^2$$

Cuadro 5.

TABLA DIALELICA

PROGE NITOR	P R O G E N I T O R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTALES
1	2Y11.	Y12.	Y13.	Y14.	Y15.	Y16.	Y17.	Y18.	Y19.	Y110.	Y111.	G ₁
2	Y21.	2Y22.	Y23.	Y24.	Y25.	Y26.	Y27.	Y28.	Y29.	Y210.	Y211.	G ₂
3	Y31.	Y32.	2Y33.	Y34.	Y35.	Y36.	Y37.	Y38.	Y39.	Y310.	Y311.	G ₃
4	Y41.	Y42.	Y43.	2Y44.	Y45.	Y46.	Y47.	Y48.	Y49.	Y410.	Y411.	G ₄
5	Y51.	Y52.	Y53.	Y54.	2Y55.	Y56.	Y57.	Y58.	Y59.	Y510.	Y511.	G ₅
6	Y61.	Y62.	Y63.	Y64.	Y65.	2Y66.	Y67.	Y68.	Y69.	Y610.	Y611.	G ₆
7	Y71.	Y72.	Y73.	Y74.	Y75.	Y76.	2Y77.	Y78.	Y79.	Y710.	Y711.	G ₇
8	Y81.	Y82.	Y83.	Y84.	Y85.	Y86.	Y87.	2Y88.	Y89.	Y810.	Y811.	G ₈
9	Y91.	Y92.	Y93.	Y94.	Y95.	Y96.	Y97.	Y98.	2Y99.	Y910.	Y911.	G ₉
10	Y101.	Y102.	Y103.	Y104.	Y105.	Y106.	Y107.	Y108.	Y109.	2Y1010.	Y1011.	G ₁₀
11	Y111.	Y112.	Y113.	Y114.	Y115.	Y116.	Y117.	Y118.	Y119.	Y1110.	2Y1111.	G ₁₁
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	G ₉	G ₁₀	G ₁₁	2Y...

Cuadro 6.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DISEÑO II DE GRIFFING Y EXTENSIONES
DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR (MARTINEZ, 1975)

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	VALORES ESPERADOS DE CUADRADOS MEDIOS
Repeticiones	$r - 1$	$\sum_k \frac{2Y_{..k}^2}{p(2q+p-1)} - \frac{2Y_{...}^2}{rp(2q+p-1)}$	
Cruzas	$\frac{p(p+1)}{2} - 1$	$\sum_i \frac{Y_{ii}^2}{rq} + \sum_{i < j} \frac{Y_{ij}^2}{r} - \frac{2Y_{...}^2}{rp(2q+p-1)}$	
ACG	$p - 1$	$\sum_i \frac{G_i^2}{r(4q+p-2)} - \frac{4Y_{...}^2}{rp(4q+p-2)}$	$\sigma_e^2 + \frac{r(4q^2+p-2)}{4q+p-2} \sigma_s^2 + r(4q+p-2) \sigma_g^2$
ACE	$\frac{p(p-1)}{2}$	SC(cruzas) - SC(ACG)	$\sigma_e^2 + \frac{r((4q+p-2)^2 - (4q^2+p-2))}{(2q+p-1)(4q+p-2)} \sigma_s^2$
Error	Por dif.	Por diferencia	σ_e^2
Total	$\frac{rp(2q+p-1)}{2} - 1$	$\sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}^2 - \frac{2Y_{...}^2}{rp(2q+p-1)}$	

En ésta tabla: $G_i = 2Y_{ii} + \sum_{i \neq j} Y_{ij}$, $Y_{..k} = \sum_{i \leq j} Y_{ijk}$ = Total del bloque completo k

Entonces:

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

y:

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_e^2$$

Con los valores anteriores se procedió al cálculo de la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y estrecho (h^2) con las fórmulas:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2}$$

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2}$$

Finalmente se hizo la estimación de los efectos de ACG (\hat{g}_i) por progenitor y de ACE (\hat{s}_{ij}) por cruja, usando las siguientes fórmulas:

$$\hat{g}_i = \frac{Y_{i..}}{r(4q+p-2)} - \frac{2Y...}{rp(4q+p-2)}$$

$$\hat{s}_{ij} = \frac{Y_{ij.}}{r} - (g_i + g_j) - Y...$$

En donde:

$Y_{i..}$ = La suma acumulada de las cruza en que interviene el i ésimo progenitor de la tabla dialélica.

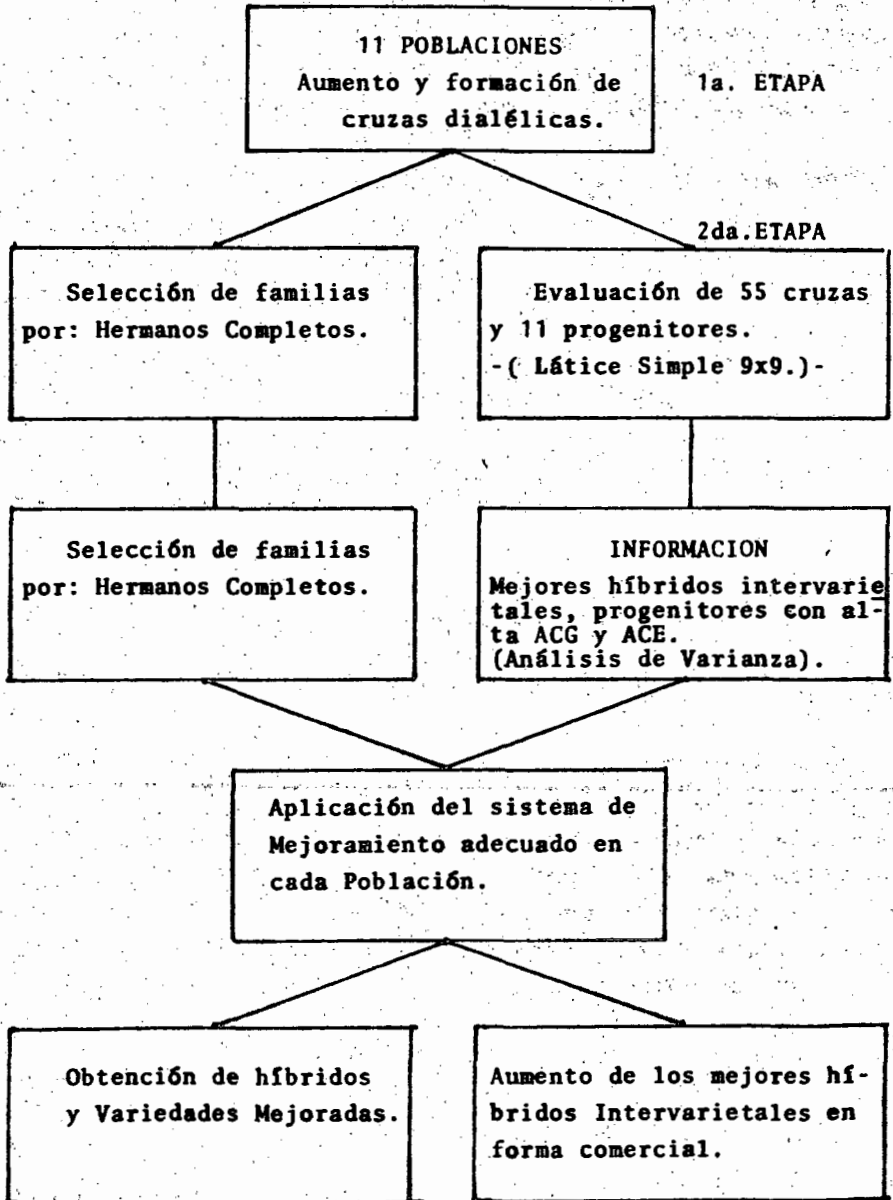
$2Y...$ = El valor de la cruja ij en la tabla dialélica.

- Y... = El promedio general del dialélico.
- r = El número de repeticiones.
- p = El número de progenitores.
- q = El número de veces que se ensayan las auto-fecundaciones cada bloque completo.

En la Figura 4 se puede apreciar un esquema en el que se resumen las etapas mencionadas y la correspondiente al análisis estadístico, para obtener la información necesaria y además, la secuencia a seguir para explotar adecuadamente la proporción aditiva y no aditiva de cada población y sus mejores combinaciones intervarietales, según dicha información, en forma comercial.

Figura 4.

ESQUEMA DEL ESTUDIO DE APTITUD COMBINATORIA. SECUENCIA A -
SEGUIR OBTENIDA LA INFORMACION.



6. RESULTADOS

6.1. ANALISIS DE VARIANZA GENERAL

El análisis de varianza general para rendimiento, se realizó con datos obtenidos de la evaluación efectuada en Cajititlán, Municipio de Tlajomulco, Jalisco, bajo el diseño de un látice simple 9x9 con dos repeticiones, una para el grupo X y otra para el grupo Y. Por lo que, como se comentó en la sección 5.4.1., para el factor de variación de bloques incompletos sólo se considera el componente (b) que resulta de las diferencias entre columnas e hileras de distinto grupo, Cuadro 7, que es la variabilidad ocasionada por la heterogeneidad del suelo en cada repetición e implicada en el error experimental. Al comparar los Cuadros 8 y 9 se observa que no existe ninguna diferencia significativa en el primer análisis, sin embargo en el análisis de varianza para látice si existe diferencia significativa al 5% para repeticiones y diferencias altamente significativas al 1% para bloques y tratamientos. Esto indica que la utilización del diseño látice resulta ser más eficiente que el de bloques al azar al reducir la varianza del error con la suma de cuadrados para bloques incompletos (factores de variación no controlables). El coeficiente de variación se redujo de 29.65% a 24.01%.

6.2. ANALISIS DE VARIANZA DISEÑO II DE GRIFFING

El análisis dialéctico se justifica con la significancia detectada del análisis general. Este se realizó, siguiendo el procedimiento presentado en la sección 5.4.2., considerando el modelo aleatorio ya que supone al material como una muestra al azar de la población original de la cual se hacen las inferencias.

El Cuadro 10 presenta el análisis de varianza para el diseño II de Griffing con significancia al 1% sólo para ACG.

Cuadro 7.

DIFERENCIAS PARA EL CALCULO DE LA COMPONENTE (b).

COLUMNA GRUPO	TOTAL HILERA GRUPO	DIF.	DIF ²	COLUMNA GRUPO	TOTAL HILERA GRUPO	DIF.	DIF ²
Y	X			X	Y		
13.64	17.67	-4.03	16.24	17.44	11.75	5.69	32.38
16.53	11.61	4.92	24.21	16.67	15.06	1.61	2.59
12.9	14.29	-1.39	1.93	18.86	13.30	3.56	12.67
18.76	19.76	-1.0	1.0	16.36	14.32	2.04	4.16
13.12	15.57	-2.45	6.00	16.45	11.69	4.76	22.66
14.28	14.11	0.17	0.03	15.92	16.69	-0.77	0.59
14.18	11.96	2.22	4.93	14.42	14.60	-0.18	0.03
12.43	17.75	-5.32	28.3	14.41	15.76	-1.35	1.82
17.16	22.65	-5.49	30.14	14.84	17.83	-2.99	8.94
133.00	145.37	-12.37	112.78	145.37	133.00	12.37	85.84

RESUMEN

FACTOR DE VARIACION	S.C.	G.L.
1° SERIE	5.51	8
2° SERIE	4.01	8
TOTAL	9.52	16

Cuadro 8.

ANALISIS DE VARIANZA BLOQUES AL AZAR
(CRUZAS, PROGENITORES Y TESTIGOS)

FACTOR DE VARIACION	GL	CS	CM	Fc	5%	Ft	1%
TRATAMIENTOS	80	26.43	0.33	1.27	1.42		1.65
REPETICIONES	1	0.95	0.95	3.65	3.96		6.96
ERROR EXP.	80	20.63	0.26				
TOTAL	161	48.01	0.3				

CV. = 29.65%

Cuadro 9.

ANALISIS DE VARIANZA GENERAL LATICE SIMPLE 9x9
(CRUZAS, PROGENITORES Y TESTIGOS)

FACTOR DE VARIACION	GL	SC	CM	Pc	5%	Ft	1%
TRATAMIENTOS	80	26.43	0.33	1.94**	1.48	1.74	
REPETICIONES	1	0.95	0.95	5.59*	4.0	7.08	
COMPONENTE (b)	16	9.52					
BLOQUES	16	9.52	0.60	3.53**	1.84	2.35	
ERROR EXP.	64	11.11	0.17				
TOTAL	161	48.01	0.3				

CV. = 24.01%

Cuadro 10.

ANALISIS DE VARIANZA DISEÑO II DE GRIFFING
CRUZAS Y PROGENITORES

FACTOR DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	Ft	Ft
					5%	1%
TRATAMIENTOS	65	18.79	0.29	1.4	1.53	1.84
REPETICIONES	1	0.15	0.15	0.71	4.0	7.08
ACG	10	8.07	0.81	4.26**	1.99	2.63
ACE	55	10.72	0.19	0.91	1.53	1.84
ERROR EXP	65	13.82	0.21			
TOTAL	131	32.76				

CV = 27.9%

6.2.1. Valores esperados para CM. Con las fórmulas correspondientes, presentadas en el Cuadro 5, se procedió al cálculo de los CM esperados para ACG y ACE resultando:

$$CM_{ACG} = 1.51$$

$$CM_{ACE} = 0.21$$

6.3. CALCULO DE COMPONENTES DE VARIANZA Y HEREDABILIDAD

6.3.1. Estimación de Componentes de Varianza. Se calcularon las estimaciones de las componentes de varianza usando las fórmulas correspondientes de la sección 5.4.2. y así se tiene lo siguiente:

$$\hat{\sigma}_e^2 = 0.21$$

$$\hat{\sigma}_s^2 = 0.0$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = 0.05$$

Se puede ver que no hay estimación para la varianza de la Aptitud Combinatoria Específica ($\hat{\sigma}_s^2$).

6.3.2. Componentes de Varianza Genética. Sustituyendo, los valores de las estimaciones de componentes de varianza, en las fórmulas correspondientes se calcularon las componentes de varianza genética, aditiva y no aditiva, así como la fenotípica y la proporción de varianza de aditividad en la genética, obteniéndose lo siguiente:

$$\sigma_A^2 = 0.2$$

$$\sigma_D^2 = 0.0$$

$$\sigma_G^2 = 0.2$$

$$\sigma_F^2 = 0.41$$

La proporción de σ_A^2 en la σ_G^2 es de 100%.

6.3.3. Estimación de Heredabilidad. En el cálculo para la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y estrecho (h^2) se sustituyeron los valores necesarios en las fórmulas correspondientes y se observó que para los dos sentidos resultó el mismo valor o sea:

$$H^2 = 0.49$$

$$h^2 = 0.49$$

Resultan igual por ser la varianza aditiva y genética de forma similar los cuales al ser divididas entre la varianza fenotípica resulta con valores idénticos para la H^2 y h^2 .

6.4. EFECTOS DE ACG (\hat{g}_i) Y DE ACE (\hat{s}_{ij})

Para el cálculo de dichos efectos fué necesario auxiliarse de las fórmulas presentadas en la sección 5.4.2. En el Cuadro 11 se presentan los efectos de ACG, para rendimiento, en cada uno de los 11 progenitores, de la misma manera para los efectos de ACE de cada uno de los 55 cruzamientos dialélicos se presentan en el Cuadro 12. En dichos Cuadros se podrá ver que el compuesto interracial tardío y el Puebla Grupo I presentan el mayor efecto \hat{g}_i y en el Cuadro 13 se pueden observar las 10 cruza que presentaron mayor efecto \hat{s}_{ij} , en orden descendente y con su respectiva generalización.

Cuadro 11.

COMPORTAMIENTO DE LOS PROGENITORES EN BASE A SUS EFECTOS DE
ACG (\hat{g}_i) EN ORDEN DESCENDENTE.

PROGENITOR	\hat{g}_i
Compuesto Interracial Tardío	0.384
Puebla Grupo I	0.216
Comp. II Celaya S.M.C. ciclo IV	0.122
Sintético 1-20	0.010
Compuesto 301 Selección Cuatera.	0.000
Comp. II Celaya S.M.C. ciclo III	-0.024
Tuxpeño x Antillano	-0.092
Lineas III x Eto	-0.145
Comp. II Celaya S.M.C. ciclo I	-0.150
Tuxpeño de Altura	-0.154
Amarillo del Bajfo	-0.160

Cuadro 12.

COMPORTAMIENTO DE LAS 55 CRUZAS DIALELICA* EN BASE A SUS --
EFECTOS DE ACE (\hat{s}_{ij}):

CRUZA	\hat{s}_{ij}	CRUZA	\hat{s}_{ij}	CRUZA	\hat{s}_{ij}
1 2 =	-0.238	4 5 =	-0.130	9 10=	0.074
1 3 =	0.224	4 6 =	0.111	9 11=	-0.007
1 4 =	0.316	4 7 =	0.007		
1 5 =	0.199	4 8 =	-0.094	10 11=	0.402
1 6 =	-0.005	4 9 =	0.126		
1 7 =	0.191	4 10=	0.470		
1 8 =	0.360	4 11=	0.144		
1 9 =	-0.050				
1 10=	0.140	5 6 =	0.279		
1 11=	-0.072	5 7 =	0.645		
		5 8 =	0.009		
2 3 =	0.296	5 9 =	-0.206		
2 4 =	-0.342	5 10=	-0.012		
2 5 =	-0.624	5 11=	-0.178		
2 6 =	-0.413				
2 7 =	0.483	6 7 =	-0.236		
2 8 =	0.167	6 8 =	-0.044		
2 9 =	0.017	6 9 =	-0.105		
2 10=	0.340	6 10=	0.284		
2 11=	0.035	6 11=	-0.012		
3 4 =	0.020	7 8 =	-0.144		
3 5 =	-0.462	7 9 =	0.256		
3 6 =	-0.052	7 10=	0.240		
3 7 =	-0.585	7 11=	-0.026		
3 8 =	0.114				
3 9 =	0.404	8 9 =	-0.120		
3 10=	-0.257	8 10=	0.310		
3 11=	0.482	8 11=	-0.112		

* Auxiliándose de los Cuadros 1 y 2 se detecta la genealogía de cada una de las cruzas obtenidas.

Cuadro 13.

COMPORTAMIENTO DE LAS 10 MEJORES CRUZAS DIALELICAS EN BASE A SUS MAYORES EFECTOS DE ACE (\hat{s}_{ij}) Y EN ORDEN DESCENDENTE.

C R U Z A	\hat{s}_{ij}
Puebla Grupo I x Sintético 1-20	0.645
Tuxpeño x Antillano x Sintético 1-20	0.483
Tuxpeño de Alt. x Comp. II Cel. S.M.C. c.IV	0.482
Comp. Int. Tardío x Comp. II Cel. S.M.C. c.III	0.470
Tuxpeño de Alt. x Comp. II Cel. S.M.C. c.I	0.404
Comp. II Cel. S.M.C. c.III x Comp. II Cel. S.M.C. c.IV	0.402
Comp. 301 Sel. Cuat. x Amarillo del Bajfo	0.360
Tuxpeño x Antillano x Comp. II Cel. S.M.C. c.III	0.346
Comp. 301 Sel. Cuat. x Comp. Int. Tardío	0.316
Amarillo del Bajfo x Comp. II Cel. S.M.C. c.III	0.310

Por último, para una comparación objetiva, respecto a la relación de los efectos de Aptitud Combinatoria con los valores estimados para rendimiento en toneladas por hectárea. En el Apéndice se adicionan los Cuadros 14 y 15 con los rendimientos estimados para los progenitores y las cruas respectivamente.

7. DISCUSION

La presente discusión se desarrolla siguiendo una secuencia similar al orden de la sección de resultados.

7.1. ANALISIS DE VARIANZA GENERAL

Según los resultados del Cuadro 9 se observa que al desglosar la varianza del error, (del Cuadro 8) en bloques por medio de la componente (b), se reduce ésta de 20.63 a 11.11; además de los grados de libertad de 80 a 64 y el coeficiente de variación de 29.65% a 24.01% y como consecuencia es de una diferencia altamente significativa (al 1%) para tratamientos. Esto nos indica que existen diferencia entre progenitores para el carácter de rendimiento. Además nos permite pasar al análisis dialélico.

7.2. ANALISIS DE VARIANZA DISEÑO II DE GRIFFING

El Cuadro 10 resume los resultados del análisis dialélico para rendimiento y se puede observar que la varianza para ACE no fué significativa, pero si la varianza para ACG. Esto nos indica que la proporción de varianza no aditiva no es representativa para utilizarla en programas de hibridación puesto que sería poca la ganancia. Sin embargo, la proporción de varianza aditiva (81%) sugiere que no ha sido explotada y dichas poblaciones pueden ser útiles al aplicar les cualquier método de selección genética, ya que sería alta la respuesta a dicha selección. Estos resultados concuerdan con los estudios reportados de Sprague (1955) y Rivera (1977).

Bajo el modelo II, citado por Martínez (1975), se rechaza la hipótesis nula con la prueba de significancia.

7.3. COMPONENTES DE VARIANZA Y HEREDABILIDAD

Por otra parte en cuanto a las estimaciones de las componentes de varianza de ACG ($\hat{\sigma}_g^2$) y ACE ($\hat{\sigma}_s^2$) se puede observar que el valor nulo para ésta última representa una vez más la importancia de la aditividad presente en las poblaciones. Luego, al trabajar con las componentes de varianza genética aditiva (σ_A^2) y de dominancia (σ_D^2) y de acuerdo a lo esperado se comprueba lo anteriormente dicho ya que la σ_A^2 representa el 100% sobre la varianza genética total (σ_G^2).

La heredabilidad en sentido amplio (H^2), especifica la proporción de la variabilidad total que es debida a causas genéticas, y la heredabilidad en sentido estrecho (h^2), determina la proporción de la variación total debido a efectos de tipo genético-aditivo. En el presente estudio se encontró que los valores de H^2 y h^2 fué de 49% en los dos sentidos debido a la similitud de los valores para las varianzas genéticas aditiva y total. Esto representa, por decirlo así, que el porcentaje heredable para el rendimiento en forma aditiva es relativamente alto.

7.4. EFECTOS DE ACG (\hat{g}_i) Y DE ACE (\hat{s}_{ij})

Como se observó en el Cuadro 11 para el comportamiento de los progenitores considerando los efectos de Aptitud Combinatoria General (\hat{g}_i) en base al rendimiento, presenta un rango que va de -0.16 hasta +0.384 siendo ésta magnitud positiva de la mayor riqueza aditiva y corresponde al progenitor Compuesto Interracial Tardío luego le sigue el Puebla - Grupo I y así hasta el Amarillo del Bajío con el efecto negativo más pobre. Sintetizado se puede decir que las variedades con los mejores efectos de ACG (\hat{g}_i) tendrán mayor respuesta en los programas de mejoramiento por selección.

Aún cuando no fué significativa la varianza para ACE en el Cuadro 10, se infirió que los efectos de dominancia no son importantes probablemente debido a que son tan pequeños

y no pudieron ser detectados con el diseño utilizado, sin embargo se considera razonable comparar los efectos de ACE (\hat{s}_{ij}) de las cruzas del Cuadro 12 del cual se destaca, al separar las de mayor efecto positivo (Cuadro 13), la cruz Puebla Grupo I x Sintético 1-20 con el mayor efecto de \hat{s}_{ij} (0.645) dentro de las diez mejores cruzas para éste efecto. Éste ratifica el buen comportamiento del Puebla Grupo I y sugiere estudiar por separado la proporción no aditiva, si se desea incluir en programas de hibridación o en su defecto explotar las mejores cruzas como Híbridos Intervarietales.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las secciones de resultados y discusión, de éste trabajo, surgen conclusiones y recomendaciones las cuales se presentan como sigue:

- 8.1. La utilización del diseño látice para evaluar las cruzas y progenitores, resulta ser más eficiente que el de bloques al azar, al reducir la varianza del error con la suma de cuadrados para bloques incompletos, indicando que existe material genético con buena capacidad de rendimiento.
- 8.2. La información del análisis dialélico con el diseño II concluye que la Aptitud Combinatoria General es la de mayor importancia, y como consecuencia la varianza aditiva.
- 8.3. En la prueba de F no se detectó la diferencia significativa para Aptitud Combinatoria Específica debido a que son tan pequeñas y no pudieron ser detectadas con el diseño utilizado.
- 8.4. La heredabilidad en ambos sentidos, por causas genéticas y genético-aditivo, representa igual porcentaje heredable para rendimiento en forma aditiva y relativamente alto.
- 8.5. Del comportamiento de los progenitores se deduce que las variedades de mayor efecto \hat{g}_i se pueden integrar en programas de mejoramiento por selección.
- 8.6. Se sugiere estudiar por separado la acción génica dominante en los progenitores que forman las cruzas que manifiestan el mejor efecto \hat{s}_{ij} , si se desean incluir en programas de hibridación y/o explotar las mejores cruzas como híbridos intervarietales.

- 8.7. Se recomienda repetir dicho estudio en varias localidades utilizando un número adecuado de repeticiones, para cada grupo en diseño de bloques incompletos, con el fin de obtener información en forma precisa sobre la estimación de componentes de varianza y de efectos para Aptitud Combinatoria.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

9. BIBLIOGRAFIA

- BEAL, W.J. 1877. Report of the profesor of Botany and Hortyculture. Rot. Mich. Bd. Agr., pp. 41-59.
- BREWBAKER, J.L. 1967. Genética Agrícola. Ed. Uthea N° 303/doble. pp. 90-117.
- COCKERHAM, C.C. 1963. Estimation of genetic variances. Stastical Genetics and plant Breeding, NASS-NRC 982: 53-93.
- FALCONER, D.S. 1972. Introducción a la genética cuantitativa. 3°ed. CECSA, Mex.
- GARCIA, V.M.A. 1975. Mejoramiento jerarquizado en el rendimiento y valores de proteina en una población de Maíz Opaco-2. Tesis profesional. E.A.G., U. de G. Guadalajara, Jal.
- _____ 1978. Sistemas de Endogamia en Maíz. Seminario II presentado en el Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, Mex. (sin publicar).
- GRIFFING, B. 1956. Un concepto de Aptitud Combinatoria General y Específica en relación con las cruzas dialélicas (traducción de Jesús Sanchez).
- HAYMAN, B.I. 1960. The theory and analysis of diallel crosses III. Genetics 45: 155-172.
- KETATA, H., E.L. SMITH, L.H. EDWARDS and R.W. Mc. NEW. 1976. - Detection of Epistatic, Aditive, and Dominance Variation in Winter Wheat; Crop. Sci. 16: 1-4.
- LONQUIST, J.H. and C.O. GARDNER. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and it's implications in breeding procedures. Crop. Science 1: 179-183.
- MARQUEZ, S.F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Patena, A.C. Chapingo, Méx.
- MARTINEZ, G.A. 1975. Diseños y Análisis de los experimentos de

cruzas dialélicas, E.N.A.; C.E.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

MOLL, R.H., W.S. SALHUANA and H.F. ROBINSON. 1962. Heterosis -- and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Science* 2: 197-198.

MUNOS, J.M. 1974. Apuntes de Genética general (tomados del libro de J.L. de la Loma 3ª ed.) Escuela de Agricultura. U. de G. Guadalajara, Jal. pp. 1-10 y 73.

POEY, F.R. 1975. El mejoramiento integral del Maíz. Rendimiento y valor nutritivo; hipótesis y métodos. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas; E.N.A., C.P., Chapingo, Méx.

RICHEY, F.D. 1922. The experimental basis for the present status of corn breeding. *J. Am. Soc. Agron.* 14: 1-17.

RIVERA, F.C. 1977. Efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruces intervarietales de Maíz. Tesis de M.C., E. N.A., C.P.; Chapingo, Méx.

ROBINSON, H.F., R.E. COMSTOCK, A. KHALIL and P.H. HARVEY. 1956. Dominance versus overdominance in heterosis: Evidence from crosses between open-pollinated varieties of maize. *Amer. Nat.* 90: 127-131.

ROBLES, S.R. 1971. Terminología de Fitogenética y Citogenética. ed. Herrero Hno. Méx.

ROJAS, B.A. and SPRAGUE, G.F. 1952. A comparison of variance -- components in corn yield trials: III. General and specific combining ability and their interactions with locations and years. *Agronomy Journal* 44: 462-466.

SPRAGUE, G.F. y TATUM, L.A. 1942. General Vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Jour. Am. Soc. Agron.* 34: 923-932.

1955. Corn in corn improvement. Academic Press, Inc. Publishers. New York. (traducción de Salazar y Carballo).

WELLHAUSEN, E.J. 1952. Heterosis in a new population. In Heterosis, Iowa State College Press, pp. 418-450.

10. A P E N D I C E

Figura 5.

ESQUEMA DEL CUADRO CON TRATAMIENTOS SORTEADOS EN FORMA ALEATORIA COMO BASE PARA EL GRUPO 'X'

G 55 57 60 56 61 59 58 62 63

E 38 40 43 45 41 44 39 37 42

H 70 69 66 64 68 67 65 71 72

D 35 30 36 32 28 34 29 33 31

F 54 52 53 49 48 46 51 47 50

A 2 6 4 9 5 8 3 7 1

C 25 20 26 22 23 21 19 27 24

I 74 79 80 77 78 75 76 81 73

B 10 14 16 15 18 17 12 11 13

Figura 6.

ESQUEMA DEL CUADRO CON TRATAMIENTOS SORTEADOS EN FORMA ALEATORIA COMO BASE PARA EL GRUPO 'Y'

E 23 59 5 50 68 14 41 77 32

A 37 46 73 10 28 64 19 1 55

B 56 29 11 2 38 47 74 65 20

F 15 6 51 69 42 33 24 60 78

G 52 34 7 79 70 25 61 16 43

D 58 76 40 22 67 4 13 49 31

C 30 66 12 3 48 75 21 39 57

H 8 80 26 62 44 71 35 53 17

I 63 45 36 72 18 81 54 9 27

Cuadro 14.

VALORES DE RENDIMIENTO Y ALGUNAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS PROGENITORES EVALUADOS. CAJITITLAN 1976.*

PROGENITOR	TONS./Ha.	ALTURA		DIAS A FLOR	
		PLANTA	MAZORCA	O	Q
1	6.4	1.7	1.0	73	76
2	8.4	2.0	1.25	71	75
3	6.6	2.5	1.65	72	77
4	11.1	2.6	1.45	80	85
5	12.2	2.55	1.7	82	85
6	6.8	1.7	0.9	70	77
7	5.9	2.0	1.25	68	73
8	6.3	1.85	1.15	69	74
9	6.1	2.4	1.5	68	76
10	4.2	2.4	1.2	69	75
11	8.2	2.1	1.15	67	74

* El progenitor numerado va de acuerdo al Cuadro 1 para efecto de localización de genealogía.

Cuadro 15.

VALORES DE RENDIMIENTO Y ALGUNAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LOS CRUZAMIENTOS EVALUADOS. CAJITITLAN 1976.*

CRUZA	Ton/Ha.	ALTURA		DIAS A FLOR	
		PLANTA	MAZORCA	♂	♀
1	7.0	2.15	1.2	87	89
2	9.0	2.1	1.25	85	87
3	12.4	2.45	1.9	90	92
4	11.0	2.5	1.7	90	92
5	7.8	2.5	1.65	81	82
6	9.8	2.4	1.55	85	87
7	9.8	2.3	1.7	82	84
8	7.7	2.6	1.5	82	84
9	8.3	2.65	1.8	85	88
10	9.0	2.15	1.35	87	89
11	9.0	2.4	1.3	85	87
12	8.5	2.3	1.5	94	96
13	6.1	2.2	1.4	92	95
14	5.1	2.1	1.2	85	87
15	10.8	2.25	1.5	82	85
16	8.2	1.9	0.95	84	86
17	7.5	2.3	1.6	87	89
18	10.0	2.4	1.6	85	87
19	9.0	2.4	1.6	85	87
20	10.0	2.4	1.6	84	87
21	6.6	2.7	1.85	91	92
22	6.8	2.2	1.5	82	84
23	4.7	2.4	1.5	83	85
24	7.6	2.0	1.1	84	85
25	9.1	2.7	1.45	84	87
26	6.4	2.3	1.45	83	85
27	11.2	2.3	1.65	87	90
28	11.2	2.45	1.9	95	98
29	10.7	2.6	1.7	91	94
30	9.4	2.15	1.1	88	91
31	9.0	2.15	1.25	86	89
32	10.7	2.7	1.9	89	92
33	13.2	2.8	1.8	89	92
34	12.1	2.4	1.8	87	92
35	10.4	2.3	1.25	85	89
36	13.4	2.15	1.1	87	90
37	9.1	2.6	1.55	85	87
38	8.0	2.6	1.45	88	91
39	9.7	2.6	1.55	85	88
40	9.5	2.5	1.5	87	88

41	8.1	2.5	1.55	81	85
42	6.6	2.4	1.5	75	79
43	6.8	2.2	1.0	81	85
44	9.2	2.15	1.25	83	87
45	8.6	2.2	1.6	81	85
46	7.1	2.45	1.6	75	80
47	9.3	2.4	1.55	82	84
48	10.0	2.5	1.6	85	88
49	9.3	2.4	1.3	82	87
50	6.4	2.0	1.3	79	81
51	8.2	2.1	1.15	80	82
52	7.1	2.5	1.45	83	88
53	8.0	2.5	1.45	80	86
54	8.5	2.4	1.45	85	89
55	11.2	2.5	1.35	81	86

* Para identificar la genealogía de cada una de las cru-
zas se puede auxiliar mediante los Cuadros 1 y 2.