

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

## FACULTAD DE AGRONOMIA



“ ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA, HEREDABILIDAD  
Y OTROS COMPONENTES GENETICOS ENTRE POBLACIONES  
DE MAIZ ( Zea Mays L. ) EN TLAJOMULCO JAL. ”

---

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

PRESENTAN:

GILBERTO PONCE LUNA

GABRIELA CERVANTES PEREZ

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 1994

---



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

Sección ESCOLARIDAD.....

Expediente .....

Número 0184/92.....

20 de Marzo de 1992.

C. PROFESORES:

ING. SALVADOR HURTADO DE LA PENA, DIRECTOR

ING. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR

ING. SANTIAGO SANCHEZ PRECIADO, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

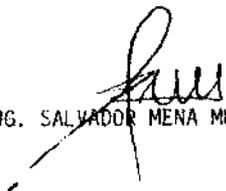
" ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA, HEREDABILIDAD Y OTROS COMPONENTES GENETICOS ENTRE POBLACIONES DE MAIZ (*Zea Mays L.*) EN TLAJOMULCO JAL."

presentado por el (los) PASANTE (ES) GILBERTO PONCE LUNA y  
GABRIELA CERVANTES PEREZ

han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO

  
ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

srd'

ryh



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ..ESCOLARIDAD..  
Expediente .....  
Número ..0184/92.....

20 de Marzo de 1992.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)  
GILBERTO PONCE LUNA Y GABRIELA CERVANTES PEREZ

titulada:

" ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA, HEREDABILIDAD Y OTROS  
COMPONENTES GENETICOS ENTRE POBLACIONES DE MAIZ (Zea Mays L.)  
EN TLAJOMULCO JAL." "

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. SALVADOR HURTADO DE LA PENA

ASESOR

ASESOR

ING. SALVADOR MENA MUNGUÍA

ING. SANTIAGO SANCHEZ PRECIADO

srd'

nyr

## RESUMEN

Este trabajo se evaluó en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. Se formuló un esquema dialélico con las cruzas posible entre nueve poblaciones de maíz, para estimar las varianzas de: Aptitud Combinatoria General (ACG), Aptitud Combinatoria Específica (ACE), Altura de Planta (ALPL), Altura de Mazorca (ALMZ), Floración Masculina (FLOR<sup>♂</sup>), Calificación de Tizón (T) y Rendimiento de Grano (REND). Con las que se estimaron sus varianzas genéticas de aditividad y de dominancia.

En la distribución se efectuó de acuerdo a un látice simple 9 x 9; analizando estadísticamente como Bloque Completos al Azar.

Las variables estudiadas fueron analizadas por medio del diseño 1 de Griffing, también se analizó la variable rendimiento por el diseño 4 del mismo autor.

En el análisis dialélico para la variable REND no se encontraron diferencias significativas para ninguna fuente de variación.

Para la estimación de componentes genéticos para la misma variable se encontró que la ACE fue mayor que la ACG, por lo que los efectos no aditivos son los más importantes.

Para los efectos de ACG se encontró que las poblaciones: UAAAN, pob. 29, pob. 21, Jala y Trejos son las que presentan los valores más altos.

En cuanto a los efectos ACE, se detectaron las cruces; pob. 32 x UAAAN, pob. 24 x Trejos, pob. 31 x jala, pob. 23 x pob. 31.

Los valores de ACG y ACE, aditividad, dominancia y heredabilidad mostraron lo siguiente:

a) Las poblaciones: UAAAN, pob. 31 y pob. 32 presentaron la mejor ACE.

b) Las poblaciones: pob. 23 y Jala mostraron los mejores valores de ACG.

Las demás variedades mostraron valores negativos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara en especial a la Facultad de Agronomía por realizarnos profesionalmente.

Al M.C. Salvador A. Hurtado de la Peña, por su colaboración en la dirección del presente trabajo y por habernos brindado su apoyo en el desarrollo de nuestra carrera profesional.

Al M.C. Santiago Sánchez Preciado y al M.C. Salvador Mena Munguía por sus aportaciones en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Alberto Betancourt Vallejo, por la sugerencia y apoyo para la elaboración de este trabajo y por haber contribuido en nuestra preparación profesional.

Al M.C. Pablo A. Pérez Méndez por su participación en la elaboración del presente trabajo.

Al Ing. Sigifredo Balderrama Castro por su ayuda en este trabajo y su amistad brindada.

A la Empresa Semillas Conlee Mexicana, S.A. de C.V. con especial gratitud al Ing. Carlos R. Félix Fregoso y a los Srs. Uwe Dettmer Weiss y Roberto D. Noland Block.

Y a todas las personas que de alguna forma contribuyeron en la elaboración de este estudio. Gracias por su ayuda.

DEDICATORIA

A nuestros padres:

- Pedro Ponce Ruiz
- Domitila Luna Ruiz
- Rosa Alicia Pérez Guzmán

A nuestros hermanos

Por su ayuda y comprensión

A nuestros hijos:

- Eduardo
- Tania
- Karen
- Karina

Al M.C. Salvador A. Hurtado de la Peña

# INDICE GENERAL

	Pág.
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE CUADROS Y TABLAS EN EL APENDICE.....	vi
RESUMEN.....	viii
I.- INTRODUCCION.....	1
1.1.- Objetivos.....	3
1.2.- Hipótesis.....	3
II.- REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1.- Definición de conceptos.....	5
2.1.1.- Hibridación.....	5
2.1.2.- Endogamia.....	6
2.1.3.- Heredabilidad.....	8
2.1.4.- Hibridación intervarietal.....	10
2.1.5.- Aptitud combinatoria.....	12
2.2.- Mejoramiento poblacional.....	14
2.3.- Dialelos.....	15
2.3.1.- Diseños genéticos de Carolina del Norte.....	17
2.3.2.- Modelo Gardner-Eberhart (1966).....	18
2.3.3.- Parámetros genéticos.....	18
III.- MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1.- Aspectos fisiográficos.....	22

3.1.1.- Localización del área de estudio.....	22
3.1.2.- Clima.....	22
3.1.3.- Precipitación.....	23
3.2.- Materiales.....	23
3.2.1.- Material genético.....	23
3.3.- Métodos.....	25
3.3.1.- Metodología experimental.....	25
3.3.1.1.- Diseño experimental.....	25
3.3.1.2.- Análisis dialéctico.....	25
3.3.1.3.- Estimación de los componentes de varianza.....	27
3.3.1.4.- Estimación de los componentes genéticos para estimar heredabilidad.....	29
3.3.1.5.- Proceso para el cálculo de la suma de cuadrados (S.C.) Diseño 1 de Griffing.....	30
3.3.1.6.- Formación de la tabla dialéctica.....	31
3.3.1.7.- Diseño 4 de Griffing.....	33
3.3.1.8.- Proceso para la Suma de Cuadrados (S.C.) diseño 4 de Griffing.....	34
3.3.1.9.- Estimación particular de Aptitud Combi- natoria General o estimación de la varianza para cada variedad.....	35
3.3.1.10.- Estimación de efectos para A.C.G. y A.C.E. (fórmulas de Griffing 1956).....	37
3.3.1.11.- Variables en estudio.....	38
3.4.- Desarrollo del experimento.....	39

IV.- RESULTADOS.....	40
4.1.- Análisis dialélico.....	40
4.2.- Componentes genéticos.....	41
4.3.- Estimación global para ACG y ACE. Diseño 4 de Griffing.....	42
4.4.- Efectos ACG.....	42
4.5.- Estimación particular de los efectos de ACE.....	42
4.6.- Varianzas para ACG, ACE, A y D para cada variedad en estudio.....	42
V.- DISCUSION.....	47
5.1.- Análisis dialélico.....	47
5.2.- Componentes genéticos.....	47
5.3.- Efectos ACG.....	48
5.4.- Estimación particular de los efectos de A.C.E.....	49
5.5.- Varianzas para ACG, ACE, A y D para cada variedad en estudio.....	49
VI.- CONCLUSIONES.....	51
VII.- BIBLIOGRAFIA.....	53
VIII.- APENDICE.....	58

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. DISEÑO 1 DE GRIFFING EN BLOQUES COMPLETOS AL AZAR.....	27
CUADRO 2. PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS.....	31
CUADRO 3. TABLA DIALELICA DISEÑO 1 DE GRIFFING.....	32
CUADRO 4. FORMACION DE CRUZAS DIALELICAS.....	32
CUADRO 5. DIALELICO DE ANALISIS DE VARIANZA (ANVA) DISEÑO 1 DE GRIFFING.....	33
CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA MEDIANTE EL MODELO PROPUESTO POR GRIFFING DISEÑO 4.....	35
CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS DE LAS 5 VARIABLES EN ESTUDIO SEGUN EL METODO 1 DE GRIFFING. TLAJOMULCO, JAL. 1985.....	43
CUADRO 8. VARIANZA PARA ACG, ACE, A, D Y H*. TLAJOMULCO, JAL. 1985.....	44

CUADRO 9. ESTIMACION GLOBAL PARA LA ACG Y ACE. METODO 4 DE GRIFFING. TLAJOMULCO, JAL. 1985.....	44
CUADRO 10. ESTIMACION PARTICULAR DE LOS EFECTOS DE ACG. TLAJOMULCO, JAL. 1985.....	44
CUADRO 11. ESTIMACION PARTICULAR DE LOS EFECTOS PARA ACE. TLAJOMULCO, JAL. 1985.....	45
CUADRO 12. ESTIMACION DE $\sigma^2_g$ , $\sigma^2_b$ , $\sigma^2_A$ , $\sigma^2_D$ PARA CADA VARIEDAD EN ESTUDIO SEGUN LOS METODOS 4 DE GRIFFING. ESTIMACION $\sigma^2_A$ Y $\sigma^2_D$ SEGUN MATZINGER. TLAJOMULCO, JAL. 1985.....	46

## LISTA DE CUADROS Y TABLAS EN EL APENDICE

	Pág.
CUADRO 1A. ANALISIS DIALELICO EN FORMA GENERAL PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DISEÑO 1 DE GRIFFING.....	64
CUADRO 2A. ESTIMACION GLOBAL PARA ACG Y ACE DISEÑO 4 DE GRIFFING.....	67
CUADRO 3A. VALORES AJUSTADOS PARA ESTIMAR $\sigma^2$ s PARA CADA VARIEDAD. DISEÑO 4 DE GRIFFING.....	68
TABLA 1A. RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ DISEÑO 1 DE GRIFFING.....	58
TABLA 2A. TOTALES $(Y_{ij} + Y_{ji})$ Y $(Y_{ij} - Y_{ji})$ DE CRUZAS DIALELICAS.....	61
TABLA 3A. TABLA DIALELICA DE VALORES $(Y_{ij} + Y_{ji})$ .....	62
TABLA 4A. TABLA DIALELICA DE VALORES $(Y_{ij} - Y_{ji})$ .....	63
TABLA 5A. RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ. DISEÑO 4 DE GRIFFING.....	65

TABLA 6A. ESTIMACION PARTICULAR. VALORES PROMEDIO PARA CADA CRUZA. DISEÑO 4 DE GRIFFING.....	66
TABLA 7A. SUMA DE 2 REPETICIONES PARA CADA CRUZA. DISEÑO 4 DE GRIFFING.....	67
CALCULOS.....	69

## I.- INTRODUCCION

La necesidad que existe de incrementar los rendimientos por unidad de superficie, ha obligado que agrónomos y genetistas intensifiquen la búsqueda de nuevas técnicas que proporcionen a los productores agrícolas tanto fórmulas más eficientes de manejo de los cultivos como variedades con mayor capacidad de rendimiento.

En el mejoramiento de maíz la estimación de la aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) y otros componentes genéticos, es de gran importancia para el fitomejorador, puesto que él cuenta con un sinnúmero de alternativas para cumplir su cometido, algunas veces se encuentra ante la disyuntiva de escoger el método más apropiado de mejoramiento para los caracteres deseados.

El empleo actual de las cruzas dialélicas tiene su base en el desarrollo de la aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica, en donde dichas cruzas son el resultado de las cruzas simples que pueden lograrse entre elementos de un grupo de líneas progenitoras, proporcionando al investigador una forma generalizada de investigación y experimentación en genética vegetal.

Por tal motivo se diseñó este trabajo con el propósito de aprovechar esta metodología, la cual permite conocer la acción

génica de los caracteres estudiados y así lograr un aprovechamiento más seguro en las siguientes etapas del mejoramiento genético de este grano básico en la dieta del mexicano.

Las primeras medidas para cruzamientos dialélicos fueron desarrolladas por Griffing (1956) y tienen la propiedad de estudiar las autofecundaciones, cruza directas y recíprocas de un grupo de progenitores.

La mitad de la superficie maicera del mundo se siembra en los países en desarrollo de Asia, Africa y América Latina, pero solo un cuarto de la cosecha mundial se obtiene ahí. Esto es lógico si se resalta el hecho de que en los países industrializados de Europa y Norteamérica se cosecha un promedio de 4,600 Kg/Ha, mientras que en los países en desarrollo solo se tiene un promedio de 1,200 Kg/Ha (Rivas 1981).

En México se cosechan anualmente alrededor de siete millones de hectáreas de maíz y se obtiene un rendimiento promedio de 1,500 Kg/Ha, el 90% de dicha superficie se cultiva bajo condiciones de temporal.

En Jalisco, principal productor de este grano, haciendo un análisis del comportamiento de la producción de maíz a través de los años, encontramos que la superficie cosechada ha decrecido de 928,035 Ha en 1975 a 740,928 Ha en 1985, lo cual nos indica que ha existido un decremento del 20.2% durante ese período.

Sin embargo, en lo que se refiere al rendimiento promedio estatal, tenemos que este se ha incrementando del 1,190 Kg/Ha en 1975 a 2,764 Kg/Ha en 1985, esto es, se incrementó en un 132.2% como consecuencia de lo anterior, tenemos que el volumen de producción pasó de 1'104,583 Ton. en 1975, a 2'048,388 Ton. en 1985 lo que representa un incremento del 85.4%

### 1.1.- Objetivos

Los objetivos planteados en el presente estudio fueron:

1. Estimar la aptitud combinatoria general y específica, aditividad, dominancia y heredabilidad de los caracteres.
2. Determinar la posible utilización de una crucea interpoblacional a nivel comercial.
3. Presentar en forma secuencial la metodología que emplea para la estimación de los parámetros genéticos con fines de enseñanza.
4. Describir las poblaciones de mayor valor y que se emplean actualmente en muchos programas de mejoramiento de maíz.

### 1.2.- Hipótesis

1. El cruzamiento de los materiales determinarán la aptitud combinatoria general, por diversidad de cada uno de los materiales.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1.- Definición de conceptos

#### 2.1.1- Hibridación

Brauer (1983), menciona que dentro de la genética pura, la hibridación se efectúa generalmente con objeto de estudiar la forma en que se heredan los caracteres. Y que uno de los casos más frecuentes que pueden requerir de hibridación es la transferencia de caracteres de una variedad a otra, tratando de unirlos en una nueva variedad.

Shull (1908) citado por Jugenheimer (1981), menciona que en un campo común de maíz los individuos generalmente son híbridos muy complejos.

Este mismo autor considera que el objetivo del fitomejorador de maíz no debe ser encontrar la mejor línea pura, si no encontrar y mantener la mejor combinación híbrida.

Jones (1922), propuso la utilización de líneas puras en combinaciones de cruza dobles. Este procedimiento eliminó el costo excesivo de la semilla como un importante factor de la producción.

De la Loma (1982), señala que el objetivo inmediato de la

hibridación es la presentación de ejemplares que presentan nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y generalmente mayor vigor.

Robles (1986), consigna que la hibridación no es otra cosa más que el aprovechamiento de la generación F1 con fines agrícolas.

Poey (1978) citado por Rivas (1981), justifica el uso de la hibridación en los programas de mejoramiento, entre otras razones señala algunos de tipo económico social, la disponibilidad de materiales uniformes y máximo nivel heterocigótico a base de semillas F1, la cual es indicada para agricultores mecanizados que utilizan niveles óptimos de fertilización y densidad de población, en terrenos con humedad adecuada.

La hibridación según De La Loma (1982), consiste en el apareamiento de los progenitores pertenecientes a diferente variedad o raza, dentro de una misma especie, o incluso a diversos géneros. Y que lo que procura es la aparición de tipos nuevos dentro de esa población, haciendo que se reproduzcan entre sí individuos con características diferentes, mediante el cruzamiento de progenitores pertenecientes a variedades, especies y aún géneros distintos.

#### 2.1.2.- Endogamia

Falconer (1983) y Robles (1986), señalan que la endogamia es

el apareamiento de individuos emparentados. Y que el parentesco entre individuos, es consecuencia del tamaño de la población, por lo que, es lógico suponer, desde este momento, que la probabilidad de apareamientos entre parientes es mayor en una población pequeña.

Jugenheimer (1981), menciona que Darwin (1876) parece haber sido el primer investigador que realizó experimentos de endogamia con maíz. Encontró que la autofecundación reducía el vigor de la planta y que las plantas cruzadas eran más vigorosas que las plantas autofecundadas.

Este mismo autor al citar a McCluer (1982), considera que la endocria del maíz frecuentemente da por resultado esterilidad parcial, deformaciones y vigor reducido.

Brauer (1983), menciona que la idea fundamental de obtener líneas homocigóticas antes de llevar a cabo la hibridación es lograr que la herencia sea constante para saber con seguridad que cada vez que se haga la misma hibridación se volverá a obtener aproximadamente el mismo híbrido, con la misma capacidad de producción, la misma adaptabilidad y las mismas características generales desde el punto de vista agronómico.

Wellhausen (1952) citado por Ramírez (1978), indica que la endocria comenzó a usarse en grande escala y las líneas resultantes se probaron en varias combinaciones con el propósito de producir híbridos de alto rendimiento, lo que significa un aumento del 5 al

90% sobre maíces regionales.

### 2.1.3.- Heredabilidad

La heredabilidad de un carácter según De La Loma (1982) es la relación que existe entre la varianza media cuadrática correspondiente a la variación producida por la diversidad genotípica y la varianza o media cuadrática correspondiente a la variación total observada en la población.

Este mismo autor puntualiza que cuanto mayor sea la heredabilidad de un carácter cuantitativo, mayor será el parecido medio entre un grupo de individuos y sus descendientes.

Robles (1986), señala que la heredabilidad, es la cantidad expresada en porcentaje, debido a la acción de los genes que intervienen en un carácter.

Este mismo autor menciona que también se puede definir como la relación que existe entre un valor genotípico y un fenotípico para un carácter, expresando dichos valores como varianzas que estiman la variación genética y la variación fenotípica en una muestra al azar de una población respecto a un carácter en estudio, pudiendo también asignar la heredabilidad con respecto a la unidad.

Poehlman (1983), menciona que el grado en que puede transmitirse la variabilidad de un carácter cuantitativo a la

progenie es lo que se considera como heredabilidad, capacidad de transmisión hereditaria.

Este mismo autor comenta que la heredabilidad puede definirse como la proporción de la variación total observada en una progenie que está determinada por factores genéticos y puede ser transmitida.

Reyes (1985), define la heredabilidad como la porción heredable de la total variación fenotípica la cual se puede evaluar tomando en cuenta el genotipo en donde se consideran los diferentes tipos de acción génica.

Este mismo autor identifica la heredabilidad en sentido más amplio (genotípica, por que incluye los diferentes tipos de acción génica) como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas ( $h^2 = \sigma^2G / \sigma^2F$ ).

También menciona la heredabilidad en sentido estrecho (genética) como la relación de la varianza genética aditiva expresada en porcentaje, y la variación fenotípica observada ( $h^2 = \sigma^2A / \sigma^2F \times 100$ ).

Brauer (1983), define la heredabilidad como el cociente entre la variación hereditaria y la variación total.

Falconer (1983), define la heredabilidad como el cociente de

la variación genética aditiva sobre la varianza fenotípica. Y dice que la función más importante de la heredabilidad en el estudio genético de los caracteres métricos todavía no ha sido mencionada, esto es, su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicación del valor reproductivo.

Este mismo autor menciona que la heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, sino que también lo es el de la población y de las circunstancias ambientales a los que están sujetos los individuos. Puesto que el valor de la heredabilidad depende de la magnitud de todos los componentes de varianza, un cambio de cualquiera de éstos lo afectará.

#### 2.1.4.- Hibridación intervarietal

Bidwell (1867) citado por Jugenheimer (1981), consigna la importancia de seleccionar tanto el polen como la mazorca para mejorar el maíz. Así mismo Beal (1876), también enfatizó la importancia de seleccionar el polen.

Paterniani y Lonquist (1963) citados por Preciado (1985), comenta que estudiaron las cruzas entre 12 rasas de maíz de Latinoamérica y encontraron que la respuesta promedio de heterosis y sus cruzamientos fue de 33% respecto a la media de sus padres, y 14% en relación con el padre más rendidor; el mejor cruzamiento tubo un rendimiento aproximadamente igual al de los híbridos dobles comerciales usados como testigos.

Moll et al (1962), reportan en un estudio sobre la heterosis y la diversidad genética en cruzamientos intervarietales de maíz. Usaron dos variedades provenientes del sureste, dos del oeste medio de E.U. y dos de puerto Rico. Las variedades se cruzaron en todas las combinaciones posibles para estudiar la relación de la diversidad genética con la heterosis en las cruza intervarietales. Concluyeron que los cruzamientos entre materiales muy diversos pueden obtener una utilidad potencial para mejorar el rendimiento.

Robles (1986) y Jugenheimer (1981), mencionan que las cruza intervarietales pueden aprovechar efectos de heterosis o vigor híbrido cuando existe diversidad genética de los progenitores que se desean cruzar.

Brown y Goodman (1977), señala que la fuente más sobresaliente de maíces dentados mexicanos es la raza Tuxpeño. Esta raza, ampliamente distribuida en la costa este de México, posee excelente habilidad combinatoria, buena calidad del tallo y buena resistencia a Helminthosporium Spp.

Covarrubias (1960) citado por Martín del Campo (1980), indica que efectuó cruzamientos entre variedades de la Meza Central, El Bajío y El Trópico Húmedo, encontrando que las cruza de Trópico Húmedo por Meza Central fueron las más sobresalientes en El Bajío.

En 1979 Oyervides al llevar a cabo la evaluación de las cruza dialélicas de un grupo de 11 colecciones de maíz adaptadas a

Nayarit, en un rango de tres ambientes. Las colecciones, casi en su totalidad pertenecientes a la raza Tuxpeño y solo dos con germoplasma Tuxpeño por Olotillo, mostraron heterosis con respecto al progenitor medio en un 98.2% y solo el 80% superó al mejor progenitor. Este resultado indica que aún en poblaciones dentro de una misma clasificación racial existe suficiente variabilidad genética susceptible de ser utilizada en programas de mejoramiento.

En un estudio realizado por Castro en 1964, los cruzamientos posibles entre 25 variedades de maíz, representativas en cada una de las 25 razas Mexicanas descritas por Wellhausen et al (1951), evaluandolas por su rendimiento en tres localidades. Este investigador encontró que el 85% de los cruzamientos tuvieron rendimientos mayores que el promedio de los progenitores y el 53.7% superaron al mejor progenitor y también encontró que Bolita produjo un buen grado de heterosis con las razas Harinoso de ocho y Celaya. Es igual forma la raza Cónico Norteño produjo alta heterosis con las razas Comiteco y Cónico.

#### 2.1.5.- Aptitud combinatoria

Sprague y Tatum (1942) citados por Díaz (1982), mencionan que la aptitud combinatoria general (ACG) se usa para designar el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria específica (ACE) se usa cuando ciertas combinaciones son mejores o peores de lo que podría esperarse al comportamiento promedio de las líneas incluidas.

Falconer (1983), señala que la varianza de las cruzas atribuible a la aptitud combinatoria específica se debe a la varianza genética no aditiva, y que la aptitud combinatoria general se debe a la varianza genética aditiva de las población base y la interacción A x A.

Este mismo autor menciona que un grupo de líneas se cruzan al azar, cada línea cruzándose simultáneamente con varias otras líneas. Podemos entonces calcular para cada línea su actuación media, esto es, el valor medio de las F1 en sus cruzas con otras líneas. Esto se conoce como aptitud combinatoria general de la línea, y que la actuación de una crusa en particular puede decirse de la aptitud combinatoria general promedio de las líneas, y esta desviación es conocida como la aptitud combinatoria específica de la crusa.

Sprague y Tatum (1942) citados por Griffing (1956), mencionan que el término ACG, es usado para designar el comportamiento promedio de las líneas en combinaciones híbridas, y el término ACE se usa para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones son relativamente mejor o peor de lo que se esperaba en base al comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Beard (1940) y los investigadores Sprague y Tatum (1942) citados por Jugenheimer (1981), proporcionaron evidencia experimental sobre la ACG en comparación con la ACE. Estos investigadores decidieron la acción génica relacionada con la

aptitud combinatoria, Supusieron que la ACG era el resultado de la acción genética aditiva, mientras que la ACE dependía de la dominación, la epistasis y la interacción genotipo-ambiente.

Matsinger y Kempthorne (1956) citados por Martínez (1983), examinan la relación entre las componentes genéticas clásicas de la variación y los efectos de la ACG y ACE, haciendo énfasis en la estimación de la interacción genotipo-ambiental definida a través de variación en tiempo y en espacio.

## 2.2.- Mejoramiento poblacional

Vasal et al (1983), señalan que el mejoramiento poblacional del maíz, es fundamental y conduce al desarrollo de híbridos cada vez mejores. Las mejoras hechas en las poblaciones de maíz a través de diversos esquemas interpoblacionales a intrapoblacional se pueden explotar reditualmente al derivar nuevas líneas superiores.

Estos mismos autores mencionan que con variedades de polinización libre, la distribución de semillas puede hacerse de manera más rápida, facilitada por el movimiento de semillas entre los propios agricultores. Los programas nacionales con infraestructura apropiada se pueden movilizar luego hacia un programa de producción de maíces híbridos.

Duvick (1977), indica que gran parte de la ganancia en los híbridos actuales cultivados se ha obtenido a partir del

mejoramiento de líneas endogámicas sobresalientes, mediante el método de pedigree y que las ganancias obtenidas al aplicar esquemas de selección recurrente a varios sintéticos de Iowa han sido similares.

### 2.3.- Dialélos

Hayman (1960), menciona que el análisis genético de las cruzas dialélicas se atacó inicialmente desde tres puntos de vista. Las diferencias ocurrían según Hayman, en el material propuesto para investigación, en el mecanismo genético fundamental considerado y en los métodos de investigación.

Kempthorne y Curnow (1961), señalan el uso de los experimentos de cruzas dialélicas para estimar el potencial de rendimiento de las propias cruzas, proporcionando así mismo, los métodos estadísticos de estimación.

Oyervides (1979) citado por Ramírez (1980), menciona que en una serie de cruzas dialélicas encontró para el carácter rendimiento, que los progenitores con más altos efectos de aptitud combinatoria general fueron también los que participaron en las mejores cruzas.

Griffing (1956), entiende por el sistema de cruzas dialélicas el método en el cual se escogen una serie 'P' de líneas endocriadas efectuando las cruzas posibles entre esas líneas.

Este mismo autor distingue 4 diferentes técnicas de realizar cruzas dialélicas, estos diseños son:

1) Este diseño comprende el ensayo de las autofecundaciones, un grupo de cruzas F1 y las cruzas recíprocas de las F1. En total " $P^2$ " combinaciones que son posibles de obtener, las cuales se ensayan en este diseño.

2) En este método se ensayan las autofecundaciones y un conjunto de cruzas F1, pero no se incluyen las cruzas recíprocas, en total se ensayan  $P(P+1) / 2$  combinaciones.

3) Se ensayan un conjunto de cruzas F1 y sus recíprocas, pero no se incluyen las autofecundaciones. En total se experimentan  $P(P-1)$  diferentes combinaciones.

4) En este diseño se ensaya un grupo de cruzas F1, pero no se incluyen las cruzas recíprocas ni las autofecundaciones. En total se tienen  $P(P-1) / 2$  combinaciones por ensayar.

Luna (1977), menciona que dichas cruzas dialélicas se usan para estimar los componentes genéticos de la variación entre las cruzas, así como la capacidad productiva de las líneas usadas.

Este mismo autor señala que el empleo actual de las cruzas dialélicas tiene su base en el desarrollo de aptitud combinatoria general y de la aptitud combinatoria específica, en donde las

cruzas dialélicas son resultado de las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un grupo de líneas progenitoras.

### 2.3.1.- Diseños genéticos de Carolina del Norte

Comstock y Robinson (1952) citados por Márquez (1985), desarrollaron los diseños I, II y III de Carolina del Norte, donde el primer se aplica a cualquier planta alógama que permita en una población usar plantas con diferentes machos ( $m$ ) que se crucen, cada una, con una serie de hembras ( $h$ ), para obtener la progenie de cada apareamiento progenies de  $n$  plantas. Las progenies de cada macho con sus hembras es una familia de medios hermanos (MH), en tanto que con cada hembra de lugar a una familia de hermanos completos (HC). En el diseño II se hacen los cruzamientos posibles entre un grupo de individuos como machos ( $m$ ) y otro grupo de individuos como hembras ( $h$ ); se tienen pues  $mh$  cruzamientos. Cada apareamiento produce una familia de HC, y el grupo de cruzas que tengan un progenitor común (macho o hembra) constituye una familia de MH; este diseño se planeó para plantas multiflorales o materiales de líneas homocigóticas donde un individuo juega el papel de una flor aquí se puede estimar que cada hembra y sus cruzas con todos los machos y viceversa, y su interacción. En el diseño III se parte del cruzamiento entre dos líneas homocigóticas para obtener por autofecundación la generación  $F_2$ ; en ésta, un grupo  $m$  de plantas se usa como machos para polinizar, cada una, dos plantas: una de la línea 1 y otra de la línea 2 obteniéndose así progenies de retrocruza 1 de cada progenitor.

### 2.3.2.- Modelo Gardner-Eberhart (1966)

Gadner y Eberhart (1966), mencionan que este modelo fue desarrollado para obtener un mejor entendimiento de cruza dialélicas entre variedades de maíz de polinización libre. Se aplica a cualquier carácter cuantitativo, sea morfológico, agrónomo, fisiólogo o bioquímico, se aplica a cualquier tipo de progenitores y los descendientes derivados de ellos (variedades de polinización libre, líneas endogámicas o variedades de apareamiento mixto). Con este modelo es posible determinar efectos aditivos y dominancia así como ACG y ACE, componentes de varianza, heredabilidad y pruebas de epistasis y ligamiento.

### 2.3.3.- Parámetros genéticos

Cockerman (1963) citado por Martín del Campo (1980), señala que los componentes de varianza para la ACG y la ACE se relacionan directamente con los efectos genéticos aditivos y de dominancia respectivamente. En el supuesto que la endogamia que los progenitores sea cero ( $F = 0$ ), los componentes de varianza equivalen a lo siguientes:  $\sigma^2_{ACG} = \text{Cov} (MH) = 1/4 \sigma^2_A$  Y  $\sigma^2_{ACE} = \text{Cov} (HC) - 2 \text{Cov} (MH) = 1/4 \sigma^2_D$ .

Oyervides (1979), encontró que la varianza genética aditiva fue mayor que la dominancia de ocho de los caracteres estudiados en II colecciones de maíz tropical y solo en dos fue mayor la proporción de varianza de dominancia; para la estimación utilizó

el método 2 de Griffing.

Stuber *et al* (1966), hicieron estimaciones de las varianzas genéticas para seis caracteres en una población híbrida de maíz, utilizando los diseños I y II de Carolina del Norte, encontraron una mayor proporción de la varianza aditiva en relación a la varianza de dominancia en cinco de los caracteres estudiados, sin embargo no encontraron varianza epistática para ninguno de los caracteres.

Márquez y Hallauer (1970) citados por Márquez S. (1985), condujeron una investigación para determinar la influencia del tamaño de muestra sobre la estimación de los componentes de varianza, utilizando el diseño I de Carolina del Norte en maíz; las estimaciones se obtuvieron apareando diferente número de macho a un número constante de hembras y apareando diferente número de hembras por macho, efectuando las estimaciones de  $\sigma^2_A$  y  $\sigma^2_D$  para cada tamaño de muestra. Estos autores concluyeron su estudio indicado que se puede usar como mínimo 4 hebras por macho pero que de 6 a 8 hembras apareadas a un mínimo de 48 machos es preferible para hacer estimaciones de los componentes de varianza genética para el rendimiento en maíz.

Gamble (1962a, 1962b) citado por Hallauer y Miranda (1981), obtuvo estimaciones de seis parámetros genéticos (m, a, d, aa, ad, y dd) y seis generaciones (P1, P2, F1, F1, P1F1 y P2F2). Las cruzas generadas entre seis cruzas de maíz. Todas las líneas de maíz

tuvieron buena aptitud combinatoria general.

Moll et al (1963), usaron promedios generacionales para estudiar la herencia de resistencia a la mancha café (Physoderma maydis) en seis cruzas entre cuatro líneas. Fueron detectados efectos significativos en dos cruzas, efectos aditivos en tres cruzas y no significancia de efectos de dominancia en todas las cruzas.

Hughes y Hooker (1971), reportaron resultados similares al estudiar cuatro cruzas para la naturaleza de la acción génica condicionando resistencia al tizón de la hoja (Helminthosporium turcicum Pass). Fueron señalados efectos epistáticos significativos en todas las cruzas por el análisis promedio de generaciones, pero los efectos genéticos aditivos fueron de mayor importancia en tres de las cuatro cruzas. Suponiendo no epistasis, estimaciones de  $\sigma^2A$  fueron relativamente grandes y mientras que estimaciones significativas de  $\sigma^2D$  fueron dentro de la relación de cero. Ellos concluyeron que la resistencia al tizón de la hoja fue condicionada en primer lugar por un bajo número de genes con efectos aditivos.

Hallauer y Russell (1962), incluyeron poblaciones genéticas desarrolladas a partir de una craza de dos líneas que permitiendo la estimación de las varianzas genéticas y los efectos para días de la siembra hasta la floración y humedad de grano, peso de semillas y madurez fisiológica. Fueron señalados efectos epistáticos significativos en seis de los nuevos casos con

estimaciones de efectos de dominancia más grande que los efectos aditivos. Asumiendo no epistasis, estimaciones de  $\sigma^2A$  fue cero para pesos de semillas y humedad de grano y a madurez fisiológica. Las estimaciones de  $\sigma^2A$  para días de floración fue significativa pero la estimación de  $\sigma^2D$  fue cero.

### III.- MATERIALES Y METODOS

#### 3.1.- Aspectos fisiográficos

##### 3.1.1.- Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó en la localidad de Tlajomulco de Zúñiga, Jal., este municipio se encuentra situado en la parte centro del Estado de Jalisco, se localiza a los 20° 28' de latitud norte y 103° 27' de longitud oeste, la altura sobre el nivel del mar es de 1575 m.

##### 3.1.2.- Clima

(A) C (WO) (W)

Donde: (A) - Caliente húmedo, con temperatura media del mes más frío mayor de 18°C.

C - Clima templado, húmedo con temperatura media del mes más frío entre - 3 y 18°C y la del mes más caliente, mayor de 10°C.

CW - Templado subhúmedo con lluvias de verano.

CWO - Clima más seco de los subhúmedos.

### 3.1.3.- Precipitación

Presenta una precipitación media anual de 900 mm con una temperatura media de 24.5°C, siendo los meses de Mayo y Junio los más calientes del año.

### 3.2.- Materiales

#### 3.2.1.- Material genético

Las cruzas utilizadas en el presente estudio fueron formadas en el Monteón, Nayarit, en el ciclo Otoño/Invierno de 1984 a partir de las siguientes variedades:

Pool 23. Maíz de adaptación tropical. Con grano blanco cristalino, madurez tardía.

Pool 24. Maíz tropical, grano blanco dentado, madurez tardía.

Pool 31. Maíz subtropical, de amplia base genética.

Población 21 (Tuxpeño 1). Maíz de grano blanco dentado, madurez tardía, combina excelente vigor y tipo de planta relativamente baja. Bastante tolerante a la mayoría de las enfermedades foliares. Se le está mejorando con respecto a resistencia al cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Población 29 (Tuxpeño Caribe). Maíz tropical de grano blanco dentado, amplia base genética con germoplasma de Tuxpeño y de cristalinos cubanos. Está siendo mejorado para altura reducida de la planta.

Población 32 (ETO blanco). Población adaptada para áreas bajas tropicales y subtropicales. Mezcla de germoplasma tropical y templado. Grano blanco, duro y cristalino. Con madurez intermedia a tardía. Planta baja. Está siendo mejorada para resistencia a enfermedades foliares.

Jala Maíz de grano blanco dentado, madurez y tardía, adaptado a altitudes medias alrededor de 1000 msnm. plantas alta.

Trejos. Maíz de grano blanco dentado, medianamente tardío, plantas medianamente altas, adaptadas a zonas de 1200 a 1800 msnm.

UAAAN. Variedad adaptada para zonas medianamente altas de 1600 a 2100 msnm, grano blanco muy dentado, madurez precoz.

### 3.3.- Métodos

#### 3.3.1.- Metodología experimental

##### 3.3.1.1.- Diseño experimental

El diseño experimental para la evaluación de las cruzas fue un látice simple de 9 x 9 con dos repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 m de largo y 0.8 m de ancho, con una distancia entre plantas de 0.25 m. La parcela útil fue de 8 m<sup>2</sup>, se cosecharon 25 plantas con competencia completa.

##### 3.3.1.2.- Análisis dialélico

Para efectuar el análisis de la aptitud combinatoria y sus componentes genéticos de los materiales empleados en este estudio se siguió el procedimiento estadístico para cruzas dialélicas, se utilizó el diseño I de Griffing (1956), el cual considera a los progenitores, cruzas F<sup>1</sup>s y recíprocas (todas las posibles combinaciones). Está representada por el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = u + g_i + s_{ij} + e_{ijk} + m_i - m_j$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es el valor fenotípico observado de la craza con progenitores  $i$  y  $j$ , en el bloque  $k$ .

$u$  = Efecto común a todas las observaciones.

$g_i$  = Efecto de la aptitud combinatoria.

$g_j$  = Efecto de la ACG del progenitor  $j$ .

$s_{ij}$  = Efecto de la ACE de la craza  $(i, j)$ .

$r_{ij}$  = Efecto recíproco de la craza  $(i, j)$ .

$e_{ijk}$  = Efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación  $(i, j, k)$ .

$m_j$  = Efecto materno del progenitor  $j$ .

$m_i$  = Efecto materno del progenitor  $i$ .

CUADRO 1. DISEÑO 1 DE GRIFFING EN BLOQUES COMPLETOS AL AZAR.

F.V.	G.L.	S.C.	Valores esperados de los C.M.
BBP.	$r - 1$	$E_k \frac{Y'..k}{p(q+p-1)} - \frac{Y'...}{rp(q+p-1)}$	
Cruzas	$p' - 1$	$E_i \frac{Y'^i i}{rq} + E_{i \neq j} \frac{Y'^i j}{r} - \frac{Y'...}{rp(q+p-1)}$	
ACG	$p - 1$	$E_i \frac{\sigma^2 i}{2r(2q+p-2)} - \frac{4Y'...}{2rp(2q+p-2)}$	$\sigma^2_g + \frac{2r(q+p-2)}{2q+p-2} \sigma^2_s + 2r(2q+p-1)\sigma^2_q$
ACE	$p(p-1)/2$	$E_i E_j \frac{(Y_{ij} + Y_{ji})^2}{2r} - \frac{Y'...}{rp(q+p-1)}$	$\sigma^2_g + 2r \frac{3q+p-4}{2q+p-2} + \frac{2-q}{(q+p-1)(2q+p-2)} \sigma^2_s$
EM	$p - 1$	$E_i E_j \frac{(Y_{ij} - Y_{ji})}{2rp}$	$\sigma^2_g + 2r\sigma^2_r + 2r\sigma^2_m$
ER	$\frac{(p-1)(p-2)}{2}$	$E_i E_j \frac{(Y_{ij} - Y_{ji})^2}{2r} - SC(EM)$	$\sigma^2_g + 2r\sigma^2_r$
Error	Por diferencia	Por diferencia	$\sigma^2_g$
Total	$rp(q+p-1)-1$	$E_i E_j E_k Y'^i j k - Y'.../rp(q+p-1)$	

## 3.3.1.3.- Estimación de los componentes de varianza.

$$\sigma^2_e = CM (\text{Error})$$

$$\sigma^2_r = \frac{CM (Er) - CM (\text{Error})}{2 r}$$

$$\sigma^2_m = \frac{CM (Em) - CM (Er)}{2 rp}$$

La estimación de todas las componentes del modelo utilizado se concentra en el CUADRO 1.

Donde:

$$\sigma^2_s = \frac{CM(ACE) - CM(Error) p^2}{2r(p^2 - p + 1)}$$

$$\sigma^2_g = \frac{1}{2rp} CM(ACG) - \frac{2r(p-1)}{p} \sigma^2_s - \sigma^2_e$$

$\sigma^2_e$  = Varianza del error.

$\sigma^2_r$  = Varianza del efecto recíproco.

$\sigma^2_m$  = Varianza del efecto materno.

$\sigma^2_s$  = Varianza de la Aptitud Combinatoria Especifica.

$\sigma^2_g$  = Varianza de la Aptitud Combinatoria General.

CM = Cuadrado Medio.

= Estimador.

Estimación de la varianza fenotípica total ( $\sigma^2_p$ ).

$$\sigma^2_p = 2\sigma^2_g + \sigma^2_s + 2\sigma^2_m + \sigma^2_r + \sigma^2_e$$

Estimación de la covarianza.

$$\text{Cov (M.H.)} = \sigma^2g$$

$$\text{Cov (H.C.)} = \sigma^2s + 2\text{Cov (M.H.)}$$

Donde:

M.H. = Medios Hermanos.

H.C. = Hermanos Completos.

3.3.1.4.- Estimación de los componentes genéticos para estimar heredabilidad.

$$\sigma^2A = 4 \text{ Cov (M.H.)} = 4 \sigma^2g$$

$$\sigma^2D = 4 \text{ Cov (H.C.)} - 2 \sigma^2A = 4 \sigma^2s$$

$$\sigma^2G = \sigma^2A + \sigma^2D$$

$$h^2 = \frac{100 \sigma^2A}{\sigma^2p}$$

Donde :

$\sigma^2A$  = Varianza aditiva.

$\sigma^2D$  = Varianza de dominancia.

$\sigma^2G$  = Varianza genotípica.

$h^2$  = Heredabilidad.

### 3.3.1.5.- Proceso para el cálculo de la suma de cuadrados (S.C.)

#### Diseño 1 de Griffing

- 1) F.C. =  $\frac{Y^2 \dots}{rp} (q + P - 1)$
- 2) SC (Total) =  $\sum Y^2_{ijk} - F.C.$
- 3) SC (rep) =  $\sum k \frac{Y^2 \dots k}{p (q + P - 1)} - F.C.$
- 4) S.C. (cruzas) =  $\sum_i \frac{Y^2_{ii}}{rq} + \sum_{i=j} \frac{Y^2_{ij}}{r} - F.C.$
- 5) S.C. (Dialelos) =  $\sum_i \frac{Y^2_{ii}}{rq} + \sum_{i < j} \frac{(Y_{ij} \dots + Y_{ji} \dots)^2}{2r} - F.C.$
- 6) S.C. (ACG) =  $\sum_i \frac{G_i^2}{2r(2q + P - 2)} - \frac{4 Y^2 \dots}{2rP(2q + P - 1)}$
- 7) S.C. (ACE) = S.C. (dialelos) - SC (ACG)

$$8) \text{ S.C. (EM) } = \frac{1}{2rP} H^2$$

$$9) \text{ S.C. (ER) } = \frac{1}{2r} \sum_{ij} (Y_{ij.} - Y_{ji.})^2 - \text{S.C. EM}$$

Donde:

ACG = Aptitud combinatoria general

ACE = Aptitud combinatoria específica

EM = Efecto materno

ER = Efecto recíproco

CUADRO 2. PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS

EFECTO	ERROR APROPIADO	CRITERIO DE PRUEBA
ER	CM (Error)	CM (ER)/CM (Error)
EM	CM (ER)	CM (EM)/CM (ER)
ACE	CM (Error)	CM (ACE) /CM (Error)
ACG	CM (ACE)	CM (ACG) /CM (ACE)

### 3.3.1.6.- Formación de la Tabla Dialéctica

El total de los híbridos formados se muestran en el Cuadro 3 en la forma general de las cruza dialécticas utilizadas para el análisis, cuando los progenitores, cruza F<sub>1</sub> ' s, directas y recíprocas son incluidas.

CUADRO 3. TABLA DIALELICA DISEÑO 1 DE GRIFFING:

Progenitor	Progenitor				Totales
1	G11	G12	G13...	G1p	G1
2	G21	G22	G23...	G2p	G2
3	G31	G32	G33...	G3p	G3
.	.	.	. ...	.	.
.	.	.	. ...	.	.
.	.	.	. ...	.	.
P	Gp1	Gp2	Gp3	Gpp	Gp
Totales	G1	G2	G3 ...	Gp	2Y ...

$$G_{ij} = Y_{ij} + Y_{ji} \quad i = j; \quad G1 + \sum_{j \neq i} G_{ij}.$$

CUADRO 4. FORMACION DE CRUZAS DIALELICAS

	Pob. 21 1	Pool 23 2	Pool 24 3	Pob. 29 4	Pool 31 5	Pob. 32 6	UAAAN 7	JALA 8	TREJOS 9
POB 21	-	1 x 2	1 x 3	1 x 4	1 x 5	1 x 6	1 x 7	1 x 8	1 x 9
POOL 23	2 x 1	-	2 x 3	2 x 4	2 x 5	2 x 6	2 x 7	2 x 8	2 x 9
POOL 24	3 x 1	3 x 2	-	3 x 4	3 x 5	3 x 6	3 x 7	3 x 8	3 x 9
POB 29	4 x 1	4 x 2	4 x 3	-	4 x 5	4 x 6	4 x 7	4 x 8	4 x 9
POOL 31	5 x 1	5 x 2	5 x 3	5 x 4	-	5 x 6	5 x 7	5 x 8	5 x 9
POB 32	6 x 1	6 x 2	6 x 3	6 x 4	6 x 5	-	6 x 7	6 x 8	6 x 9
UAAAN	7 x 1	7 x 2	7 x 3	7 x 4	7 x 5	7 x 6	-	7 x 8	7 x 9
JALA	8 x 1	8 x 2	8 x 3	8 x 4	8 x 5	8 x 6	8 x 7	-	8 x 9
TREJOS	9 x 1	9 x 2	9 x 3	9 x 4	9 x 5	9 x 6	9 x 7	9 x 8	-

CUADRO 5. DIALELICO DE ANALISIS DE VARIANZA (ANVA) DISEÑO 1  
DE GRIFFING

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Repeticiones	$r - 1$	R	R'	R'/E'
Cruzas	$p^2 - 1$	C	C'	C'/E'
ACG	$p - 1$	G	G'	G'/S'
ACE	$p(p-1)/2$	S	S'	
Dialelos		D		
EM	$p - 1$	EM	EM'	
ER	$(p-1)(p-2)/2$	ER	ER'	
Error	por diferencia	E	E'	
Total	$re(q+p-1) - 1$	To		

### 3.3.1.7.- Diseño 4 de Griffing

Como no encontramos efectos maternos en el diseño 1 utilizamos el diseño 4. Usando los datos de las cruzas directas con distribución en bloques al azar cada observación o producción de cada parcela Util está representada por el siguiente modelo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_{ij} + B_k E_{ijk}$$

Donde:

$\mu$  = Media de la población

$\alpha_{ij}$  = Efecto de la cruz

$B_k$  = Efecto del bloque

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental

En adición se estima que:

$$\alpha_{ij} = \sigma_i + \sigma_j + S_{ij}$$

Donde:

$\sigma_i$  = A.C.G. del progenitor i

$\sigma_j$  = A.C.G. del progenitor j

$\alpha_{ij}$  = A.C.E. o efecto de la cruce o combinación ij

3.3.1.8.- Proceso para la suma de cuadrados (S.C.) Diseño 4 de Griffing.

$$1. \quad \text{F.C.} \quad = \quad \frac{\sum x^2 \dots}{rn}$$

$$2. \quad \begin{array}{l} \text{S.C.} \\ \text{bloque (R)} \end{array} = \frac{\sum X^2 \dots k}{n} - \text{F.C.}$$

$$3. \quad \begin{array}{l} \text{S.C.} \\ \text{general (G)} \end{array} = \frac{\sum X^2 i \dots}{r(p-2)} - \frac{2(p-1)}{p-2} \cdot \text{F.C.}$$

$$4. \quad \text{S.C. específicas (S)} = \frac{\sum X^2_{ij} \cdot}{r} - \text{F.C.} - \text{S.C. general}$$

$$5. \quad \text{S.C. total (To)} = \sum X^2_{ijk} - \text{F.C.}$$

$$6. \quad \text{S.C. error} = \text{S.C. total} - (\text{S.C. bloqu.} + \text{S.C. G} + \text{S.C. S})$$

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA MEDIANTE EL MODELO PROPUESTO POR GRIFFING DISEÑO 4.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	COMPONENTES DE VARIACION
BLOQUES	r - 1	R	R'	R'/E'	
GENERAL	p - 1	G	G'	G'/S'	$\sigma^2 E + r \sigma^2 G$
ESPECIFICA	p(p-3)/2	S	S'	S'/E'	$\sigma^2 E + r$
ERROR	(r-1)(n-1)	E	E'		$\sigma^2 E$
TOTAL	rn-1	To			

r = número de repeticiones

p = número de progenitores

n = número de cruza simples directas

3.3.1.9.- Estimación particular de aptitud combinatoria general o estimación de la varianza para cada variedad.

$$\sigma^2 g(i) = \frac{p-1}{p(p-2)} \left( \frac{\left( \frac{p}{2} T(i) - \bar{TX} \right)^2}{(p(p-1)(p-2))/4} \right) - \frac{E'}{r}$$

Donde:

$\sigma^2g(i)$  = Estimador de la varianza para la A.C.G. del progenitor (i)

P = Número de progenitores

T(i) = Suma de valores o total de las cruzas del progenitor (i) con las demás. Sumando promedios.

E' = Cuadrado medio del error calculado del análisis global

r = Número de repeticiones

$\bar{TX}$  = Total de promedios

Estimación de la A.C.E. para ajuste

$$\text{Ajuste } (1\ 2) = (p-2) (1\ 2) - T_1 - T_2 + \frac{2}{p-1} \bar{TX} \dots$$

Donde:

1 2 = Rendimiento promedio del cruzamiento entre los progenitores 1 y 2

$T_1$  = Total de hileras (1)

$T_2$  = Total de hileras (2)

$\bar{TX}$  = Total de los promedios de los  $p(p-1)$  cruzas simples o sumar los valores promedio de la parte superior de la diagonal.

P = Número de progenitores

Varianza específica para cada progenitor con la siguiente fórmula (valores ajustados)

$$\sigma^2_s (1) = \frac{S.C.}{(p-2)(p-3)} - \frac{E'}{r} \frac{p-3}{p-2}$$

Donde:

S.C. Suma de cuadrados

3.3.1.10.- Estimación de efectos para A.C.G. y A.C.E. (Fórmulas de Griffing 1956)

$$A.C.G. = g_1 = \frac{p(x_i) - 2x_{..}}{p(p-2)}$$

$$A.C.E. = s_{ij} = x_{ij} - \frac{(x_{i.} + x_{j.})}{p-2} + \frac{2x_{..}}{(p-2)(p-2)}$$

Donde:

$g_i$  = Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general para los diferentes cruzamientos  $F_i$ .

$s_{ij}$  = Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica para los diferentes cruzamientos  $F_i$ .

$x_{i.}, x_{.j}$  = Suma de las  $F_i$  o sea los cruzamientos de cada progenitor con los demás.

$x_{..}$  = Suma de todos los híbridos  $F_i$  en que  $x_{ij} = x_{ij}$

$x_{\bar{q}}$  = Valor medio  $F_i$ .

$p$  = Número de progenitores.

### 3.3.1.11.- Variables en estudio

Rendimiento (RTO) se cuantificó mediante los datos a la cosecha como son el peso de campo, % de materia seca, % de grano, % de humedad y factores de conversión.

Días a floración masculina (FLOR<sup>♂</sup>) se expresa como el número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50 % de las plantas de cada parcela estaba en período de antesis.

Altura de planta (ALPL) distancia en centímetros de la superficie del suelo al ápice de la espiga.

Altura de mazorca (ALMZ) distancia en centímetros de la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal.

#### 3.4.- Desarrollo del Experimento

Preparación del terreno, comprendió: barbecho y dos pasos de rastra, la fecha de siembra fue el 11 de junio 1985.

Fertilización: el tratamiento de fertilización fue de 120-60-00 aplicándose el 50 % de nitrógeno y todo el fósforo mezclados con insecticidas para plagas del suelo; basudín al 2 % G. La segunda fertilización se realizó a los 45 días después de la siembra, aplicando el 50 % del nitrógeno restante.

Control de malezas y plagas: al momento de la siembra se aplicó primagram 500 utilizando una dosis de 4 Lt/Ha. Para el control de mala hierba. En el momento oportuno se le aplicó insecticida Lorsban 480 E en dosis de 750 ml/Ha. para el control del gusano cogollero y elotero.

## IV.- RESULTADOS

### 4.1.- Análisis dialéctico

De acuerdo a los cuadrados medios de las 5 variables en estudio que se presenta en el CUADRO 7 podemos encontrar que para la variable rendimiento no se detectaron diferencias significativas para ninguna fuente de variación.

En cuanto al coeficiente de variación que tenemos fue de 15.65 lo cual nos indica que el experimento estuvo bien conducido o que los datos son confiables.

Para la variable Días a Floración (FLOR  $\sigma^*$ ), como podemos observar CUADRO 7 hay alta significancia para repeticiones como para cruza y ACG, no presentando significancia para ninguna otra fuente de variación.

En cuanto a la Altura de Planta (ALPL), se tuvo alta significancia CUADRO 7 para el carácter cruza y ACG, no encontrando significancia para ningún otro carácter.

Para Altura de Mazorca (ALMZ), encontramos alta significancia para cruza, ACG y ACE y no encontrando significancia para ninguna otra fuente de variación CUADRO 7.

Para la calificación de Tizón (T), se presentó alta significancia para Repeticiones, Cruzas, ACE y significancia para ACG y Efectos Recíprocos no encontrando significancia para Efectos Maternos.

#### 4.2.- Componentes genéticos

Como se puede ver en el CUADRO 8 para la variable rendimiento se observa la  $\sigma^2g$  con valor negativo que se puede tomar como Varianza cero, e igualmente la  $\sigma^2A$  por lo cual se puede considerar concordante en la obtención de estos resultados, de igual manera se puede ver que la  $\sigma^2s$  y la  $\sigma^2D$  presentan valores positivos, lo cual nos muestra la concordancia que existe entre estas dos varianzas, la  $h^2$  en sentido estricto nos muestra un resultado negativo el cual se considera como cero.

Para (FLOR ) se encontró para  $\sigma^2g$  un valor numéricamente mayor que para  $\sigma^2m$  y así mismo encontramos la  $\sigma^2A$  sobre  $\sigma^2D$ , y presentándonos una  $h^2$  de 37.4 %.

Encontramos para (ALPL) valores numéricamente mayores de  $\sigma^2g$  sobre  $\sigma^2s$  y así mismo la  $\sigma^2A$  sobre la  $\sigma^2D$ , y una  $h^2$  alta.

En cuanto a (ALMZ) se encontraron valores más altos de  $\sigma^2s$  sobre  $\sigma^2g$  y de la  $\sigma^2D$  sobre la  $\sigma^2A$  y una  $h^2$  negativa. Todos estos valores con signos negativos, los cuales se consideran como cero.

Para la calificación de (T) encontramos un valor mayor de la  $\sigma^2_s$  sobre la  $\sigma^2_g$  y de igual manera la  $\sigma^2_D$  sobre la  $\sigma^2_A$  y una  $h^2$  de 20.65 %.

#### 4.3.- Estimación global para ACG y ACE. Diseño 4 de Griffing

Se puede observar en el CUADRO 9 no se encontró significancia para ninguna fuente de variación y así se identificó en componentes de varianza que la ACG es mayor que la ACE.

#### 4.4.- Efectos ACG

Como podemos ver en el CUADRO 10 las variedades 7, 4, 1, 8 y 9 presentaron los valores más altos para ACG mientras que las variedades 6, 5 y 3 fueron los que tuvieron los valores más bajos.

#### 4.5.- Estimación particular de los efectos de ACE

Encontramos que las cruzas de más alto valor fueron: 6x7, 3x9, 5x8, 2x5, 1x9, 4x5, 2x3, 4x7, 7x8 y 4x6 mientras las que presentaron los valores más bajos fueron 1x4, 6x8, 3x5, 7x9, 2x7, 2x9, 5x7, 1x3, 5x6 y 4x8. (CUADRO 10).

#### 4.6.- Varianzas para ACG, ACE, A y D para cada variedad en estudio

Como se puede observar en el CUADRO 12 encontramos que para las variedades 1, 3, 4 y 9 presentaron valores negativos para todas

las varianzas, esto se puede tomar como estimadores de cero, pero donde la  $\sigma^2g$  fue numéricamente mayor que la  $\sigma^2s$  y así como la  $\sigma^2A$  sobre la  $\sigma^2D$ .

Para las variedades 2 y 3 encontramos que la  $\sigma^2g$  fue mayor que la  $\sigma^2s$  y así la  $\sigma^2A$  sobre la  $\sigma^2D$ .

Para los progenitores 5 y 6 encontramos que la  $\sigma^2s$  es mayor que la  $\sigma^2g$  y la  $\sigma^2D$  sobre la  $\sigma^2A$ .

Mientras que para el progenitor 7 se observó  $\sigma^2s$  superior a la  $\sigma^2g$  y la  $\sigma^2D$  mayor que  $\sigma^2A$ .

CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS DE LAS 5 VARIABLES EN ESTUDIO SEGUN EL METODO 1 DE GRIFFING. TLAJOMULCO, JAL. 1985.

FV	GL	REND	FLOR O	ALPL	ALMZA	T
REP	1	1.79 NS	104.32 **	213.55 NS	128.0 NS	8.91 **
C	80	1.27 NS	22.41 **	1505.31 **	1161.5 **	0.61 **
ACG	8	1.16 NS	76.84 **	11155.5 **	8670.2 **	1.51 *
ACE	36	1.42 NS	15.77 NS	460.0 NS	414.96 **	0.52 **
D	44	1.37	26.87	2404.7	1915.92	0.70
EM	8	1.83 NS	27.84 NS	334.10 NS	167.91 NS	1.02 NS
ER	28	0.95 NS	13.92 NS	426.68 NS	259.8 NS	0.57 *
Err	80	1.20	12.88	300.318	208.4	0.31

\*\* = Significancia al 1 %

\* = Significancia al 5 %

NS = No Significancia

CV = 15.65 %

CUADRO 8. VARIANZA PARA ACG, ACE, A, D y  $h^2$ . TLAJOMULCO, JAL.  
1985.

CG	REND.	FLOR	ALPL	ALM2	T
$\sigma^2_g$	-0.6076554	1.6975541	297.15824	-0.9398568	0.0273172
$\sigma^2_e$	0.0614937	0.8016312	44.302556	-40.765415	0.0586092
$\sigma^2_A$	-0.0282216	6.7902164	1116.633	-3.7594272	0.1092688
$\sigma^2_D$	0.2459748	3.2065248	177.21022	-195.06166	0.2344368
$h^2$	-2.2840241	37.415753	122.24	-0.0041291	20.652223

CUADRO 9. ANVA. ESTIMACION GLOBAL PARA LA ACG Y ACE METODO 4  
DE GRIFFING. TLAJOMULCO, JAL. 1985.

FV	GL	CM	ECM
R	1	0.230 NS	
ACG	8	1.68 NS	0.204
ACE	27	1.47 NS	- 0.143
Error	35	1.76	

N S = No Significativo

CUADRO 10. ESTIMACION PARTICULAR DE LOS EFECTOS DE ACG,  
TLAJOMULCO, JAL. 1985.

Progenitor	Genealogía	Efecto ACG
1	Población 21	0.28
2	Pool 23	- 0.70
3	Pool 24	- 1.94
4	Población 29	0.30
5	Pool 31	- 0.25
6	Población 32	- 0.22
7	UAAAN	0.38

8	Jala	0.21
9	Trejos	0.03

CUADRO 11. ESTIMACION PARTICULAR DE LOS EFECTOS PARA ACE.  
TLAJOMULCO, JAL. 1985.

Cruza	Genealogía	Efecto ACE
6x7	Pob 32 x UAAAN	1.61
3x9	Pool 24 x Trejos	1.03
5x8	Pool 31 x Jala	0.99
2x5	Pool 23 x Pool 31	0.92
1x9	Pob 21 x Trejos	0.88
4x5	Pob 29 x Pool 31	0.88
2x3	Pool 23 x Pool 24	0.86
4x7	Pob 29 x UAAAN	0.74
7x8	UAAAN x Jala	0.70
4x6	Pob 29 x Pob 32	0.62
1x2	Pob 21 x Pool 23	0.51
3x8	Pool 24 x Jala	0.46
1x8	Pob 21 x Jala	0.42
6x9	Pob 32 x Trejos	0.19
1x6	Pob 21 x Pob 32	0.17
5x9	Pool 31 x Trejos	0.14
1x5	Pob 21 x Pool 31	0.07
3x7	Pool 24 x UAAAN	0.05
3x4	Pool 24 x Pob 29	0.04
2x8	Pool 23 x Jala	- 0.03
4x9	Pob 29 x Trejos	- 0.08
2x6	Pool 23 x Pob 32	- 0.10
2x4	Pool 23 x Pob 29	- 0.31
8x9	Jala x Trejos	- 0.33
1x7	Pob 21 x UAAAN	- 0.36

CUADRO 11. (CONTINUACION)

3x6	Pool 24 x Pob 32	- 0.45
1x4	Pob 21 x Pob 29	- 0.52
6x8	Pob 32 x Jala	- 0.82
3x5	Pool 24 x Pool 31	- 0.83
7x9	UAAAN x Trejos	- 0.88
2x7	Pool 23 x UAAAN	- 0.90
2x9	Pool 23 x Trejos	- 0.92
5x7	Pool 31 x UAAAN	- 0.93
1x3	Pob 21 x Pool 24	- 1.13
5x6	Pool 31 x Pob 32	- 1.20
4x8	Pob 29 x Jala	- 1.35

CUADRO 12. ESTIMACION DE  $\sigma^2g$ ,  $\sigma^2s$ ,  $\sigma^2A$  Y  $\sigma^2D$  PARA CADA  
 VARIEDAD EN ESTUDIO SEGUN LOS METODOS DE GRIFFING.  
 ESTIMACION  $\sigma^2A$  Y  $\sigma^2D$  SEGUN MATZINGER. TLAJOMULCO,  
 JAL. 1985.

Variiedad	Genealogía	$\sigma^2g$	$\sigma^2s$	$\sigma^2A$	$\sigma^2D$
1	Pob 21	- 0.34	- 0.34	- 0.136	- 1.36
2	Pool 23	0.377	- 0.24	1.508	- 0.96
3	Pool 24	- 0.111	- 0.16	- 0.444	- 0.64
4	Pob 29	- 0.23	- 0.20	- 0.092	- 0.8
5	Pool 31	- 0.047	0.05	- 0.188	0.2
6	Pob 32	- 0.64	0.01	- 0.256	0.04
7	UAAAN	0.034	0.13	0.136	0.52
8	Jala	0.07	- 0.12	0.28	- 0.48
9	Trejos	- 0.111	- 0.24	- 0.444	- 0.96

## V.- DISCUSION

### 5.1.- Análisis dialélico

Como se puede observar en el CUADRO 7, no se encontraron diferencias significativas para ninguna fuente de variación. Aún cuando no hay diferencias estadísticas fue posible observar diferencias tanto visuales como numéricas. Esto se debe a que posiblemente la muestra de las poblaciones al formar las cruzas no fue representativa. Tal como lo menciona Márquez y Hallauer (1970) al estudiar el tamaño de muestra para machos y hembras por macho, concluyendo que un número mínimo de 32 machos, y una muestra de 8 hembras por macho eran adecuados para el carácter rendimiento de maíz.

### 5.2.- Componentes genéticos

Para el carácter rendimiento fue mayor la componente de ACE ( $\sigma^2_s$ ) que la componente ACG ( $\sigma^2_g$ ), así también se encuentran valores superiores de la varianza de dominancia ( $\sigma^2_D$ ) sobre la varianza aditiva ( $\sigma^2_A$ ), pudiendo decir que los efectos no aditivos son más importantes que los aditivos, esto puede ser por la pequeña muestra que se tomó o a que los materiales son homogéneos para el carácter rendimiento; estos datos concuerdan con los datos tomados por Díaz Hernández (1982).

Para los caracteres FLOR<sup>o</sup> y ALPL los efectos aditivos fueron más importantes que los no aditivos, esto se debe a que los materiales tienen buena aptitud combinatoria en cuanto a los caracteres en estudio, tal como lo menciona Díaz Hernández (1982).

En cuanto al carácter ALMZ se presentaron valores negativos pero encontraron valores de dominancia y ACE numéricamente mayores que la aditividad y ACG, estos valores negativos no son suficientemente confiables como para ser discutidos.

Por otra parte para la calificación de Tizón se señala que los valores aditivos son más importantes que los no aditivos y presentando una ( $h^2$ ) de 20.65 lo cual nos confirma que la resistencia o susceptibilidad a esta enfermedad está condicionada por pocos genes.

### 5.3.- Efectos ACG

A pesar de no existir diferencias significativas para ACG las que presentaron los valores más altos fueron las variedades; 7, 4, 1, 8 y 9; y las que presentaron los valores más bajos fueron las variedades: 6, 5, 2 y 3 respectivamente, empleando algún método de selección recurrente se pueden mejorar eficientemente dichas poblaciones. Tal como lo mencionan Terrón Ibarra (1981) y Cortez Mendoza (1981).

#### 5.4.- Estimación particular de los efectos ACE

Con respecto a las cruzas 6x7, 3x9, 5x8, 2x5, 1x9 y 4x5 fueron las que presentaron los valores más altos, mientras que las cruzas 7x9, 2x7, 2x9, 5x7, 1x3, 5x6 y 4x8 presentaron los valores más bajos. Estas variedades pueden ser mejoradas por algún método de selección recíproca recurrente; éstos resultados concuerdan con los señalados por Terrón Ibarra (1981).

#### 5.5.- Varianzas para ACG, ACE, A y D para cada variedad en estudio

Como se puede observar en el CUADRO 12 las variedades 1, 4, 3 y 9 nos muestran valores negativos los cuales se pueden tomar como estimadores de cero, ignorándose el valor numérico respectivo.

Para los progenitores 2 y 8 encontramos que la  $\sigma^2g$  y  $\sigma^2A$  presentaron valores positivos y no así para  $\sigma^2s$  y  $\sigma^2D$  que presentaron valores negativos.

Para estas variedades que presentaron valores positivos se sugiere utilizarlas en un programa de selección intrapoblacional.

Mientras que para los progenitores 5 y 6 encontramos valores positivos para  $\sigma^2s$  y  $\sigma^2D$ , no así para  $\sigma^2g$  y  $\sigma^2A$ .

En cuanto a la variedad 7 encontramos valores positivos para todas las varianzas, pero numéricamente superiores de  $\sigma^2s$  sobre la

o'g así la  $\sigma^2D$  sobre la  $\sigma^2A$ . Se sugiere que se aplique algún sistema de mejoramiento que exploten tanto los efectos aditivos como los no aditivos, como puede ser la selección recíproca recurrente; la cual fue recomendada por Comstock et al. (1949).

## VI.- CONCLUSIONES

- 1.- El desarrollo de este trabajo tuvo como fin el de ilustrar la metodología paso a paso de los 2 diseños de Griffing. Al aplicar el primer método de estudio el diseño 1 de Griffing, en el momento en que no encontramos efectos maternos se aplicó el diseño 4 de Griffing con el propósito de detectar los mejores materiales a usar en programas de mejoramiento; así como el de definir las metodologías más apropiadas para su mejoramiento.
- 2.- En el análisis de las 36 cruzas y 9 progenitores para el carácter rendimiento no se encontraron diferencias significativas para ninguna fuente de variación.
- 3.- Los componentes genéticos para el carácter rendimiento, los efectos no aditivos fueron más importantes que los aditivos. El coeficiente de variación fue de 15.65 % lo cual nos muestra que los datos son confiables, y la ( $h^2$ ) en sentido estricto fue negativo lo cual se considera como cero.
- 4.- Los progenitores 7, 4, 1, 8 y 9 fueron los que presentaron los efectos de ACG más altos, y los efectos más bajos fueron las variedades 6, 5, 2 y 3.
- 5.- Las cruzas 6x7, 3x9 y 5x8 fueron las que presentaron los

valores más altos de ACE.

- 6.- La estimación de la ACG, ACE, por el método de sus varianzas nos indica que las variedades 1, 4, 3 y 9, nos muestran valores negativos que pueden ser estimados como cero. Las variedades que presentaron la mejor ACG fueron las variedades 2 y 8, y las que presentaron la mejor ACE fueron las variedades 5, 6 y 7.
- 7.- Las variedades 2, 8 y 7 fueron los que presentaron los valores más altos en la estimación de la varianza aditiva.
- 8.- Las variedades 7, 5 y 6 fueron las que presentaron los valores más altos en la estimación de la varianza de dominancia.

## VII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Brauer H. O., 1983. Fitogenética Aplicada. Ed. Limusa. México.
- 2.- Brown W. L., and Goodman, M. M. 1977. Races of Corn. In: "Corn and Corn Improvement". Ed. Sprague, G. F. Madison, Wis. AM Soc. Agron. pp. 49 - 84.
- 3.- Castro G., M. 1964. Rendimiento y Heterosis con Cruzas Interraciales de Maíz en México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados ENA, Chapingo, Méx.
- 4.- De La Loma J. L., 1982. Genética General y Aplicada. Ed. UTEHA. Reimpresión México.
- 5.- Díaz Hernández, C., 1982. Ensayo de Cruzas entre Variedades Experimentales de Maíz (*Zea mays*, L.) para el Bajío y Regiones similares. Tesis Profesional, Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara.
- 6.- Duvick D. N., 1977. Genetic rates o gain in Hybrid Maize yield during the past 40 years *Maydica* XXII: 187 - 196.
- 7.- Falconer D. S., 1983. Introducción a la Genética Cuantitativa. Traducción del Inglés por F. Márquez. Ed. CECSA.

- 8.- Gardner C. O., 1984. Información Genética Derivada Utilizando el Modelo Gardner-Eberhart para Medias Generacionales. Traducción: Dr. José Espinoza Velázquez, Maestro Investigador de la UAAAN. Fitotecnia 6: 114- 141.
- 9.- Griffing B., 1956. Concepto of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. Australian Journal of Biological Science 9: 463-493.
- 10.- Hallauer R. A., and Wiranda J. B. F., 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding Iowa State University Press/Ames (1981) First edition 1981.
- 11.- Hallauer R. A., and Russell W. A., 1962. Estimates of Maturity and its Inheritance en Maize. Crop Sci. 2: 289-294.
- 12.- Hayman B. I., 1960. The Theory and Analysis of Diallel Crosses. III. Genetics 45: 155-172.
- 13.- Hughes G. R., and Hocker A. L., 1971. Gene Action Conditioning Resistance to Northern Leaf Blight in Maize. Crop Sci. 11 (2): 180-184.
- 14.- Jenkins M. T., 1936. Corn improvement. U. S. Dept. Agr Y. B., pp. 455 - 522.

- 15.- Jones D. F., 1922. The Productiveness of Single and Double First Generation Corn Hybrids. Agron. J. 14: 241 - 252.
- 16.- Jugenheimer R. W., 1981. Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Versión Española. Ed. Limusa.
- 17.- Kemthorne O., and Curnow R. N., 1961. The Partial Diallel Cross. Biometrics 17: 229-250.
- 18.- Luna D. David A., 1977. Las Cruzas Dialélicas y el Mejoramiento Genético de las Plantas. Seminarios Técnicos. Vol. IV. No. 11. Comarca Lagunera.
- 19.- Márquez Sánchez, F., 1985. Genotecnia Vegetal, Métodos Teoría Resultados. AGT. Editor, S.A. Primera Edición.
- 20.- Martín del Campo V. Salvador., 1980. Análisis de Medias y Componentes de Varianzas en Tres Grupos de Poblaciones de Maíz en el Norte Centro de México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 21.- Martínez Garza, A., 1983. Diseños y Análisis de Experimentos de Cruzas Dialélicas. Centro de Estadística y Cálculo; Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 249 p.

- 22.- Moll R. H., Salvan, W. S., and Robinson H. F., 1962. Heterosis and Genetic Diversity in Variety Crosses of Maize. Crop Sci. 2:197-198.
- 23.- Moll R. H., D. L. Thompson; and O. H. Harvey. 1963. A Quantitative Genetic Study of the Inheritance of Resistance to Brow Spot (*Physoderma maydis*) of Corn. Crop Sci. 3: 389-391.
- 24.- Oyervides G. M., 1979. Estimación de Parámetros Genéticos, Heterosis en Índices de Selección en Variedades Tropicales de Maíz Adaptadas a Nayarit. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 25.- Poehlman J. M., 1983. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Traducción del Inglés por Nicolás Sánchez Durón. Ed. Limusa.
- 26.- Preciado O. Ricardo E., y Caballero H. F., 1985. Evaluación de Cruzas Intervarietales de Maíz en el Estado de Veracruz. Fitotecnia 7: 3-19.
- 27.- Ramírez V. H., 1980. Estudio de la Aptitud Combinatoria General y Específica en Líneas S1 de Maíz. Tesis Profesional, Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara, México.
- 28.- Reyes C. P., 1985. Fitogenotecnia Básica y Aplicada Ed. AGT EDITOR. S. A.

- 29.- Rivas A. Oscar A., 1981. Híbridos de Alto Rendimiento y Porte Bajo de Planta para Ciudad Guzmán, Jalisco y Regiones Similares. Tesis Profesional, Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara.
- 30.- Robles S. Raúl., 1936. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Ed. Limusa. México.
- 31.- S.A.R.H., 1985.
- 32.- Stuber C. W., R. R. Woll., and W. D. Hanson., 1966. Genetic Variances and Interrelationships of Six Traits in a Hybrid Population of *Zea mays*, L., *Crop. Sci.* 6: 455-458.
- 33.- Vasal S. K., Ortega A. y Pandey S., 1983. Programa de Manejo, Mejoramiento y Utilización del Germoplasma de Maíz en el CIMMYT. Centro Internacional de Maíz y Trigo. El Batán, México.

## VIII.- APENDICE

TABLA IA. RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ. DISEÑO I DE GRIFFING

Cruza	Progenitor		Dialéio	Rep. I	Rep. II	Suma
	I	J				
1	1	1	1	5.711	6.268	11.979
2	1	2	2	7.462	7.232	14.694
3	1	3	3	7.642	5.089	12.731
4	1	4	4	7.659	6.949	14.608
5	1	5	5	8.045	6.644	14.689
6	1	6	6	8.022	6.937	14.959
7	1	7	7	8.451	6.648	15.099
8	1	8	8	8.717	7.602	16.319
9	1	9	9	9.384	7.849	16.873
10	2	1	2	7.152	6.436	13.588
11	2	2	10	6.093	5.966	12.059
12	2	3	11	6.789	7.970	14.759
13	2	4	12	6.790	6.281	13.071
14	2	5	13	5.746	8.683	14.429
15	2	6	14	6.143	6.325	12.468
16	2	7	15	5.772	6.291	12.063
17	2	8	16	7.153	6.309	13.462
18	2	9	17	6.290	5.042	11.332
19	3	1	3	5.058	5.870	10.928
20	3	2	11	6.965	8.060	15.025
21	3	3	18	6.236	6.953	13.189
22	3	4	19	7.287	7.836	15.123
23	3	5	20	6.121	6.148	12.269
24	3	6	21	6.754	6.349	13.103
25	3	7	22	7.906	7.397	15.303
26	3	8	23	8.334	7.443	15.777

TABLA 1A. (CONTINUACION)

27	3	9	24	8.615	7.949	16.564
28	4	1	4	6.799	6.055	12.864
29	4	2	12	7.138	5.806	12.944
30	4	3	19	7.702	6.883	14.585
31	4	4	25	7.061	7.065	14.126
32	4	5	26	5.742	10.607	16.349
33	4	6	27	7.821	8.085	15.906
34	4	7	28	7.713	9.617	17.330
35	4	8	29	7.532	5.302	12.834
36	4	9	30	7.686	7.320	15.006
37	5	1	5	5.156	7.208	12.364
38	5	2	13	8.267	7.160	15.127
39	5	3	20	8.365	6.541	14.906
40	5	4	26	7.944	5.955	13.899
41	5	5	31	5.988	5.400	11.388
42	5	6	32	5.766	5.392	11.158
43	5	7	33	6.453	6.436	12.889
44	5	8	34	7.676	8.717	16.393
45	5	9	35	6.721	7.604	14.325
46	6	1	6	7.609	6.574	14.183
47	6	2	14	7.259	5.751	13.010
48	6	3	21	7.007	6.897	13.904
49	6	4	27	5.321	7.472	12.793
50	6	5	32	6.450	6.876	13.326
51	6	6	36	8.160	5.529	13.689
52	6	7	37	6.711	11.337	18.048
53	6	8	38	6.132	6.711	12.843
54	6	9	39	6.354	8.157	14.511
55	7	1	7	5.717	5.246	10.963
56	7	2	15	6.449	6.388	12.837
57	7	3	22	7.867	6.949	14.816
58	7	4	28	5.831	7.577	13.408

TABLA 1A. (CONTINUACION)

59	7	5	33	6.760	5.822	12.582
60	7	6	37	8.482	6.997	15.479
61	7	7	40	6.881	6.619	13.500
62	7	8	41	10.830	6.271	17.101
63	7	9	42	8.393	5.177	13.570
64	8	1	8	6.780	8.172	14.952
65	8	2	16	6.165	7.447	13.612
66	8	3	23	7.496	6.875	14.371
67	8	4	29	5.544	6.696	12.240
68	8	5	34	7.760	6.845	14.605
69	8	6	38	8.301	6.724	15.025
70	8	7	41	7.143	6.493	13.636
71	8	8	43	8.537	6.960	15.497
72	8	9	44	6.566	7.759	14.325
73	9	1	9	7.365	7.407	14.772
74	9	2	17	7.514	7.478	14.992
75	9	3	24	5.721	5.513	11.234
76	9	4	30	7.090	6.556	13.646
77	9	5	35	5.730	5.521	11.251
78	9	6	39	8.075	7.051	15.126
79	9	7	42	6.265	6.706	12.971
80	9	8	44	8.351	5.180	13.531
81	9	9	45	7.067	9.566	16.633
			Totales	575.510	558.628	1134.138

$\bar{X}$  General = 7.001 Kg.

C V = 15.65

TABLA 2A TOTALES ( $Y_{ij} . + Y_{ji}$ ) Y ( $Y_{ij} . - Y_{ji}$ ) DE CRUZAS  
DIALELICAS.

Dialelo	I	J	$Y_{ij} . + Y_{ji}$	$Y_{ij} . - Y_{ji}$
1	1	1	11.979	0.000
2	1	2	28.282	1.106
3	1	3	23.659	1.803
4	1	4	27.472	1.744
5	1	5	27.053	2.325
6	1	6	29.142	0.776
7	1	7	26.062	4.136
8	1	8	31.271	1.367
9	1	9	31.645	2.101
10	2	2	12.059	0.000
11	2	3	29.784	- 0.266
12	2	4	26.015	0.127
13	2	5	29.856	- 0.998
14	2	6	25.478	- 0.542
15	2	7	24.900	- 0.774
16	2	8	27.074	- 0.150
17	2	9	26.324	- 3.660
18	3	3	13.189	0.000
19	3	4	29.708	0.538
20	3	5	27.175	- 2.637
21	3	6	27.007	- 0.801
22	3	7	30.119	0.487
23	3	8	30.148	1.406
24	3	9	27.798	5.330
25	4	4	14.126	0.000
26	4	5	30.248	2.450
27	4	6	28.699	3.113
28	4	7	30.738	3.922
29	4	8	25.074	0.594

TABLA 2A. (CONTINUACION)

30	4	9	28.652	1.360
31	5	5	11.388	0.000
32	5	6	24.484	- 2.168
33	5	7	25.471	0.307
34	5	8	30.998	1.788
35	5	9	25.576	3.079
36	6	6	13.689	0.000
37	6	7	33.527	2.569
38	6	8	27.868	- 2.182
39	6	9	29.637	- 0.615
40	7	7	13.500	0.000
41	7	8	30.737	3.465
42	7	9	26.541	0.599
43	8	8	15.497	0.000
44	8	9	27.856	0.794
45	9	9	16.633	0.000

TABLA 3A TABLA DIALECTICA DE VALORES ( $Y_{ij}$  . +  $Y_{ji}$ )

	1	2	3	4	5
1	23.958	28.282	23.659	27.472	27.053
2	28.282	24.118	29.784	26.015	29.856
3	23.659	29.784	26.378	29.708	27.175
4	27.472	26.015	29.708	28.252	30.248
5	27.053	29.856	27.175	30.248	22.776
6	29.142	25.478	27.007	28.699	24.484
7	26.062	24.900	30.119	30.738	25.471
8	31.271	27.074	30.148	25.074	30.998
9	31.645	26.324	27.798	28.652	25.576
$\Sigma$	248.544	241.831	251.776	254.858	243.637

TABLA 3A. (CONTINUACION)

	6	7	8	9	$\Sigma (G 1)$
1	29.142	26.062	31.271	31.645	248.544
2	25.478	24.900	27.074	26.324	241.831
3	27.007	30.119	30.148	27.798	251.776
4	28.699	30.738	25.074	28.652	254.858
5	24.484	25.471	30.998	25.576	243.637
6	27.378	33.527	27.868	29.637	253.220
7	33.527	27.000	30.737	26.541	255.095
8	27.868	30.737	30.994	27.856	262.020
9	29.637	26.541	27.856	33.266	257.295
	253.220	255.095	262.020	257.295	2268.276

TABLA 4A TABLA DIALECTICA DE VALORES ( $Y_{ij}$  . -  $Y_{ji}$ )

	1	2	3	4	5	6
1	-----	+ 1.106	+ 1.803	+ 1.744	+ 2.325	+ 0.776
2	- 1.106	-----	- 0.266	+ 0.127	- 0.998	- 0.542
3	- 1.803	+ 0.266	-----	+ 0.538	- 2.637	- 0.801
4	- 1.744	-0.127	- 0.538	-----	+ 2.450	+ 3.113
5	- 2.325	+ 0.998	+ 2.637	- 2.450	-----	- 2.168
6	- 0.776	+ 0.542	+ 0.801	- 3.113	+ 2.168	-----
7	- 4136	+ 0.774	- 0.487	- 3.992	- 0.307	- 2.569
8	- 1.367	+ 0.150	- 1.406	- 0.594	- 1.788	+ 2.182
9	- 2.101	+ 3.660	- 5.330	- 1.360	- 3.074	+ 0.615
	-15.358	+ 7.369	- 2.786	- 9.030	- 1.861	+ 0.606

TABLA 4A. (CONTINUACION)

	7	8	9	$\Sigma$ (HI)
1	+ 4.136	+ 1.367	+ 2.101	+ 15.358
2	- 0.774	- 0.150	- 3.660	- 7.369
3	+ 0.487	+ 1.406	+ 5.330	+ 2.786
4	+ 3.922	+ 0.594	+ 1.360	+ 9.030
5	+ 0.307	+ 1.788	+ 3.074	+ 1.861
6	+ 2.569	- 2.182	- 0.615	- 0.606
7	-----	+ 3.465	+ 0.599	- 6.583
8	- 3.465	-----	+ 0.794	- 5.494
9	- 0.599	- 0.794	-----	- 8.983

CUADRO 1A. ANALISIS DIALECTICO EN FORMA GENERAL PARA LA  
VARIABLE RENDIMIENTO DISEÑO 1 DE GRIFFING

F.V	G.L	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
REP	1	1.79698669	1.79698669	1.50	3.96	6.96 NS
CRUZAS	80	102.01142578	1.2751428	1.06	1.43	1.60 NS
ACG	8	9.31613089	1.164516	0.82	2.21	3.04 NS
ACE	36	51.175652	1.4215459	1.18	1.56	1.88 NS
DIALE LOS	44	60.49178328				
EM	8	15.01661978	1.8770774	1.98	2.29	3.23 NS
ER	28	26.503018	0.9465364	0.79	1.62	1.98 NS
ERROR	80	95.98922531	1.1998653			
TOTAL	161	199.7976377				

TABLA 5A. RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ DISEÑO 4 DE GRIFFING

## R E P E T I C I O N E S

VARIEDAD	I	II	X1	X
1 x 2	7.462	7.232	14.694	7.347
1 x 3	7.642	5.089	12.731	6.366
1 x 4	7.659	6.949	14.608	7.304
1 x 5	8.045	6.644	14.689	7.345
1 x 6	8.022	6.937	14.959	7.480
1 x 7	8.451	6.648	15.099	7.550
1 x 8	8.717	7.602	16.319	8.160
1 x 9	9.384	7.489	16.873	8.437
2 x 3	6.789	7.970	14.759	7.380
2 x 4	6.790	6.281	13.071	6.536
2 x 5	5.746	8.683	14.429	7.215
2 x 6	6.143	6.325	12.468	6.234
2 x 7	5.772	6.291	12.063	6.032
2 x 8	7.153	6.309	13.462	6.731
2 x 9	6.290	5.042	11.332	5.666
3 x 4	7.287	7.836	15.123	7.562
3 x 5	6.121	6.148	12.269	6.135
3 x 6	6.754	6.349	13.103	6.552
3 x 7	7.906	7.397	15.303	7.652
3 x 8	8.334	7.443	15.777	7.889
3 x 9	8.615	7.949	16.564	8.282
4 x 5	5.742	10.607	16.349	8.175
4 x 6	7.821	8.085	15.906	7.953
4 x 7	7.713	9.617	17.330	8.665
4 x 8	7.532	5.302	12.834	6.417
4 x 9	7.686	7.320	15.006	7.503
5 x 6	5.766	5.392	11.158	5.579
5 x 7	6.453	6.436	12.889	6.445
5 x 8	7.676	8.717	16.393	8.197

TABLA 5A. (CONTINUACION)

5 x 9	6.721	7.604	14.325	7.163
6 x 7	6.711	11.337	18.048	9.024
6 x 8	6.132	6.711	12.843	6.422
6 x 9	6.354	8.157	14.511	7.256
7 x 8	10.830	6.271	17.101	8.551
7 x 9	8.393	5.177	13.570	6.785
8 x 9	6.566	7.759	14.325	7.163

263.178      259.105

TABLA 6A. ESTIMACION PARTICULAR. VALORES PROMEDIO PARA CADA CRUZA. DISEÑO 4 DE GRIFFING

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\Sigma X_i$
1		7.347	6.366	7.304	7.345	7.480	7.550	8.160	8.437	59.989
2	7.347		7.380	7.536	7.215	6.234	6.032	6.731	5.666	53.141
3	6.366	7.380		7.562	6.135	6.552	7.652	7.889	8.282	57.818
4	7.304	6.536	7.562		8.175	7.953	8.665	6.417	7.503	60.115
5	7.345	7.215	6.135	8.175		5.579	6.445	8.197	7.163	56.254
6	7.480	6.234	6.552	7.953	5.579		9.024	6.422	7.256	56.500
7	7.550	6.032	7.562	8.665	6.445	9.024		8.551	6.785	60.704
8	8.160	6.731	7.889	6.417	8.197	6.422	8.551		7.163	59.530
9	8.437	5.666	8.282	7.503	7.163	7.252	6.785	7.163		58.251
										522.302

$$\frac{T}{X} = \frac{522.302}{2} = 261.151$$

TABLA 7A. SUMA DE 2 REPETICIONES PARA CADA CRUZA. DISEÑO 4 DE GRIFFING.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\Sigma Xi$
1		14.694	12.731	14.600	14.689	14.959	15.099	16.319	16.319	119.972
2	14.694		14.759	13.071	14.429	12.460	12.063	13.462	11.332	106.278
3	12.731	14.759		15.123	12.269	13.103	15.303	15.777	16.564	115.629
4	14.600	13.071	15.123		16.349	15.906	17.330	12.834	15.006	120.227
5	14.689	14.429	12.269	16.349		11.150	12.089	16.393	14.325	112.501
6	14.959	12.460	13.103	15.906	11.150		18.048	12.843	14.511	112.996
7	15.099	12.063	15.303	17.330	12.089	18.048		17.101	13.570	121.403
8	16.319	13.462	15.777	12.834	16.393	12.843	17.101		14.325	119.954
9	16.076	11.332	16.564	15.006	14.325	14.511	13.570	14.325		116.506
									SOMA	1044.566

CUADRO 2A. ESTIMACION GLOBAL PARA A.C.G. Y A.C.E. DISEÑO 4 DE GRIFFING

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
BLOQUES	1	0.23041195	0.23041959	0.13		
ACG	8	13.45045978	1.6813074	1.14	2.30	3.26 NS
ACE	27	39.889241	1.4773793	0.84	1.78	NS
ERROR	35	61.71421131	1.7632632			
TOTAL	71	115.28433				

NS = NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 3A. VALORES AJUSTADOS PARA ESTIMAR  $\sigma^2$ 'S PARA CADA  
VARIEDAD. DISEÑO 4 DE GRIFFING.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	S.C.
1		3.59	- 7.96	- 3.69	0.46	1.16	- 2.55	2.85	6.11	143.61
2	3.59		5.99	- 2.21	6.40	- 0.71	- 6.33	- 0.26	- 6.44	176.73
3	- 7.96	5.99		0.29	- 5.84	- 3.16	0.33	3.17	7.20	205.41
4	- 3.69	- 2.21	0.29		6.15	4.35	5.13	- 9.44	- 0.56	191.07
5	0.46	6.40	- 5.84	6.15		- 8.41	- 6.55	6.89	0.93	275.07
6	1.16	- 0.71	- 3.16	4.35	- 8.41		11.25	- 5.79	1.33	263.34
7	- 2.55	- 6.33	0.33	5.13	- 6.55	11.25		4.91	- 6.17	304.64
8	2.89	- 0.26	3.17	- 9.44	6.89	- 5.79	4.91		- 2.35	218.21
9	6.11	- 6.44	7.20	0.56	0.93	1.33	- 6.17	- 2.35		177.18

$$S.C. \text{ VAR. (1)} = (3.59)^2 + (-7.96)^2 + \dots + (6.11)^2 = 143.61$$

$$S.C. \text{ VAR. (2)} = (3.59)^2 + (5.99)^2 + \dots + (-6.44)^2 = 176.73$$

## CALCULOS

Proceso para el Cálculo de la Suma de Cuadrados Diseño 1 de Griffing.

$$1. \quad F.C. = \frac{(\sum \text{Total bloques})^2}{rt} = \frac{(1134.138)^2}{2(81)} = 7939.9321$$

$$2. \quad S.C. \text{ Total} = \sum Y^2_{ijk} - F.C.$$

$$= (5.711)^2 + (7.462)^2 + \dots + (9.566)^2 - F.C.$$

$$= 8139.9304 - 7939.9321$$

$$= 199.9983$$

$$3. \quad S.C. \text{ Rep.} = \frac{\sum Y^2 \dots k}{P(q + p - 1)} - F.C.$$

$$= \frac{(575.510)^2 + (558.628)^2}{9(1 + 9 - 1)} - 7939.9321$$

$$= \frac{643277}{81} - 7939.9321$$

$$= 7941.6914 - 7939.9321$$

$$= 1.7592886$$

$$4. \text{ S.C. Cruzas} = \sum_i \sum_j Y^2_{ij} / r - \text{F.C.}$$

$$= (14.694)^2 + (12.731)^2 + \dots + (15.633)^2 - \text{F.C.}$$

$$= \frac{16083.672}{2} - \text{F.C.}$$

$$= 8041.8359$$

$$- 7939.9321$$

$$= 101.90377$$

5. Empleando la Tabla A1 como base se construye la Tabla 2A construida esta tabla se emplean sus resultados para formar las tablas dialélicas A3 y A4. La Tabla A3 se genera con lo totales  $(Y_{ij} + Y_{ji})$  estos son los elementos de Tabla siempre que  $i = j$ , cuando  $i \neq j$ , se registra el valor  $Y_{ij}$ . La Tabla A4 se genera con los totales  $(Y_{ij} - Y_{ji})$ ; el número que se registra en esta Tabla es  $(Y_{ij} - Y_{ji})$  siempre que  $i \neq j$ ; cuando  $i = j$ , el número que se registra en esta Tabla es cero.

$$6. \text{ S.C. Dialetos} = \frac{\sum_i Y^2_{ii}}{r} + \frac{\sum_{i \neq j} (Y_{ij} + Y_{ji})^2}{2r} - \text{F.C.}$$

$$= (11.979)^2 + (12.059)^2 + \dots + (16.633)^2 +$$

$$= (28.282)^2 + (23.659)^2 + \dots + (27.856)^2 - \text{F.C.}$$

$$= \frac{1678.5485}{2} + \frac{28643.979}{4} - \text{F.C.}$$

$$= 839.27424 + 7160.9947 - 7939.9321$$

$$= 60.336877$$

$$\begin{aligned}
 7. \text{ S.C. (ACG)} &= 1 \frac{G^2 i}{2r(2q+p-2)} - 4 \frac{Y^2}{2r(2q+p-2)} \\
 &= (248.544)^2 + (241.831)^2 + \dots + (257.295)^2 - \\
 &= \frac{4(1134.138)^2}{324} = \frac{572009.12}{36} - \frac{5145076}{324} \\
 &= 57889.114 - 15879.864 \\
 &= 9.250429
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 8. \text{ S.C. (ACE)} &= \text{S.C. (Dialelos)} - \text{S.C. (ACG)} \\
 &= 60.336877 - 9.24976 \\
 &= 51.086448
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 9. \text{ S.C. (EM)} &= \frac{\sum i H^2 i}{2rp} \\
 &= \frac{(-15.358)^2 + (-7.369)^2 + \dots + (-8.983)^2}{2(2)(9)} \\
 &= \frac{537.51779}{36} \\
 &= 14.93105
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10. \text{ S.C. (ER)} &= \text{S.C. (Cruzas)} - \text{S.C. (Dialelos)} - \text{S.C. (EM)} \\
 &= 101.9039 - 60.33684 - 14.93105 \\
 &= 26.63601
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11. \text{ S.C. Error} &= \text{S.C. Totales} - \text{S.C. Cruzas} - \text{S. C. Rep.} \\
 &= 199.9983 - 101.90377 - 1.7592886 \\
 &= 96.335241
 \end{aligned}$$

ESTIMACION DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA DISEÑO 1 DE GRIFFING

$$\sigma^2_e = 1.199865$$

$$\sigma^2_r = \frac{\text{CM (ER)} - \text{CM (Error)}}{2r}$$

$$= \frac{0.946537 - 1.199865}{4}$$

$$= -0.063332$$

$$\sigma^2_m = \frac{\text{CM (EM)} - \text{CM (Error)}}{2rp}$$

$$= \frac{1.877078 - 0.946537}{36}$$

$$= 0.0258464$$

$$\begin{aligned}\sigma^2_s &= \frac{CM(ACE) - CM(Error) p^2}{2r(p^2 - p + 1)} \\ &= \frac{(1.421546 - 1.1998650) \times 81}{4(81 - 9 + 1)} \\ &= \frac{17.95616}{292}\end{aligned}$$

$$= 0.0614937$$

$$\sigma^2_g = \frac{1}{2rp} CM(ACG) - 2r(p-1) \sigma^2_s - \sigma^2_e$$

$$= \frac{1}{36} 1.164516 - \frac{32}{9} \times 0.0614937 - 1.199865$$

$$= \frac{1}{36} 1.164516 - 3.5555556 \times 0.0614937 - 1.199865$$

$$= -0.0070554$$

#### Varianza Fenotípica Total

$$\begin{aligned}\sigma^2_p &= 2\sigma^2_g + \sigma^2_s + 2\sigma^2_m + \sigma^2_r + \sigma^2_e \\ &= 2(-0.0070554) + (0.0614937) + 2(0.0259464) + (-0.063332) + \\ &\quad (1.199865) \\ &= -0.0141108 + 0.0614937 + 0.0518928 - 0.063332 + 1.199865\end{aligned}$$

$$= 1.2356087$$

$$\text{Cov (M.H.)} = \sigma^2g = - 0.0070554$$

$$\begin{aligned} \text{Cov (H.C.)} &= \sigma^2s = + 2 \text{ Cov (M.H.)} \\ &= 0.0614937 + 2(-0.0070554) \\ &= 0.0614937 + (-0.0141108) \\ &= 0.0473829 \end{aligned}$$

Parámetros Genéticos:

$$\begin{aligned} \sigma^2A &= 4 \text{ Cov (M.H.)} = 4\sigma^2g \\ &= 4(-0.0070554) \\ &= - 0.0282216 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma^2D &= 4 \text{ Cov (H.C.)} - 2\sigma^2A - 4\sigma^2s \\ &= 4(0.0614937) \\ &= 0.2459748 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma^2G &= \sigma^2A + \sigma^2D \\ &= - 0.0282216 + 0.2459748 \\ &= 0.2177532 \end{aligned}$$

$$h^1 = \frac{100 \sigma^2 A}{\sigma^2 P} = \frac{-0.0282216 \times 100}{1.2356087}$$

$$= -2.2840241$$

Proceso para el Cálculo de la Suma de Cuadrados Diseño 4 de Griffing.

$$1.- \text{ F.C.} = \frac{X^2 \dots}{rn}$$

$$= \frac{(522.283)^2}{2 (36)}$$

$$= \frac{272779.53}{72}$$

$$= 3788.6046$$

$$2.- \text{ S.C. } \text{blog.} = \frac{\Sigma X^2 \dots k}{n} - \text{ F.C.}$$

$$= \frac{(263.178)^2 + (259.105)^2}{36} - 3788.6046$$

$$= 3788.835 - 3788.6046$$

$$= 0.2304195$$

$$3.- \text{ S.C. (A.C.G.)} = \frac{\Sigma X^2 i \dots}{r (p-2)} - \frac{2(p-2)}{p-2} \cdot \text{ F.C.}$$

$$= (119.972)^2 + (106.278)^2 + \dots + (116.506)^2 - \frac{2(9-1)}{9-2} \cdot \text{F.C.}$$

$$= \frac{121423.65}{14} - \frac{16}{7} \cdot 3788.6046$$

$$= 8673.1181 - 2.29 \times 3788.6046$$

$$= 8673.1181 - 8659.6677$$

$$= 13.450459$$

$$4.- \text{ S.C. (A.C.E.)} = \Sigma X^2_{ij} - \text{F.C.} - \text{S.C. (A.C.G.)}$$

$$= (14.694)^2 + (12.731)^2 + \dots + (14.325)^2 - \text{F.C.} - \text{S.C. (ACG)}$$

$$= \frac{7683.8886}{2} - 3788.6046 - 13.450459$$

$$= 39.889241$$

$$5.- \text{ S.C. } \begin{matrix} \text{Totales} \end{matrix} = \Sigma X^2_{ijk} - \text{F.C.}$$

$$= (7.462)^2 + (7.642)^2 + \dots + (7.759)^2 - 3788.6046$$

$$= 3903.8889 - 3788.6046$$

$$= 115.28433$$

$$6.- \text{ S.C. } \begin{matrix} \text{Error} \end{matrix} = \text{S.C. Total} - (\text{S.C. Bloq} + \text{S.C.g} + \text{S.C.s})$$

$$= 115.28433 - (0.2304195 + 13.450459 + 39.889241)$$

$$= 115.28433 - 53.57012$$

$$= 61.714211$$

Componentes de Varianza:

$$\sigma^2 (\text{ACG}) = \sigma^2 e + r\sigma^2 s + (p-2) \sigma^2 g$$

$$\text{ACG } 1.6813074 = \sigma^2 e + r\sigma^2 s + (p-2) \sigma^2 g$$

$$\sigma^2 g = \frac{1.6813074 - 1.7632632 - 2(+0.143)}{2(7)}$$

$$\sigma^2 g = 0.204$$

$$\sigma^2 (\text{ACE}) = \sigma^2 e + r\sigma^2 s$$

$$\text{ACE } 1.4773793 = \sigma^2 e + r\sigma^2 s$$

$$\sigma^2 s = \frac{1.4773793 - 1.7632632}{2}$$

$$\sigma^2 s = 0.143$$

Estimación de la Varianza A.C.G. para Cada Variedad en Estudio  
Diseño 4 de Griffing.

$$\sigma^2 g (a) = \frac{p-1}{p(p-2)} \frac{(p \sum T_a - T \bar{X})^2}{p(p-1)(p-2)} - \frac{E'}{r}$$

$$\sigma^2g \quad (1) = \frac{9 - 1}{9(9-2)} \frac{(9 \times 59.989 - 261.151)^2}{2} - \frac{1.76}{2}$$

$$= \frac{8}{63} \frac{(4.5 \times 59.989 - 261.151)^2}{126} - 0.88$$

$$= - 0.034$$

$$\sigma^2g \quad (2) = 0.127 \frac{(4.5 \times 53.141 - 261.151)^2}{126} - 0.88$$

$$= 0.377$$

$$\sigma^2g \quad (3) = - 0.111$$

$$\sigma^2g \quad (4) = - 0.023$$

$$\sigma^2g \quad (5) = - 0.047$$

$$\sigma^2g \quad (6) = - 0.064$$

$$\sigma^2g \quad (7) = 0.034$$

$$\sigma^2g \quad (8) = 0.07$$

$$\sigma^2g \quad (9) = - 0.111$$

Fórmula de Ajuste para Estimar la ACE, Diseño 4 de Griffing.

$$\text{Ajuste } (1 \times 2) = (p-2) (1 \times 2) - T_1 - T_2 + \frac{2}{p-2} \bar{TX} \dots$$

$$\begin{aligned} \text{Ajuste } (1 \times 2) &= (9-2) (7.347) - 59.989 - 53.141 + \frac{2 \times 261.151}{9-1} \\ &= 3.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ajuste } (1 \times 3) &= 7 (6.366) - 59.989 - 57.818 + 65.29 \\ &= - 7.96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ajuste } (1 \times 4) &= 7 (7.304) - 59.989 - 60.115 + 65.29 \\ &= - 3.69 \end{aligned}$$

$$\text{Ajuste } (1 \times 5) = 0.46$$

$$(1 \times 6) = 1.16$$

$$(1 \times 7) = - 2.55$$

$$(1 \times 8) = 2.89$$

$$(1 \times 9) = 6.11$$

$$\begin{aligned} \text{Ajuste } (2 \times 3) &= 7 (7.380) - 53.141 - 57.818 + 65.29 \\ &= 5.99 \end{aligned}$$

$$(2 \times 4) = 7 (6.536) - 53.141 - 60.115 + 65.29$$

$$= - 2.21$$

$$(2x5) = 6.40$$

$$(2x6) = - 0.71$$

$$(2x7) = - 6.33$$

$$(2x8) = - 0.26$$

$$(2x9) = - 6.44$$

$$\begin{aligned} \text{Ajuste } (3x4) &= 7 (7.562) - 57.818 - 60.115 + 65.29 \\ &= 0.29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3x5) &= 7 (6.135) - 57.818 - 56.254 + 65.29 \\ &= - 5.84 \end{aligned}$$

$$(3x6) = - 3.16$$

$$(3x7) = 0.33$$

$$(3x8) = 3.17$$

$$(3x9) = 7.20$$

$$\begin{aligned} \text{Ajuste } (4x5) &= 7 (8.175) - 60.115 - 56.254 + 65.29 \\ &= 6.15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (4x6) &= 7 (7.953) - 60.115 - 56.500 + 65.29 \\ &= 4.35 \end{aligned}$$

$$(4x7) = 5.13$$

$$(4 \times 8) = - 9.44$$

$$(4 \times 9) = - 0.56$$

$$(5 \times 6) = - 8.41$$

$$(5 \times 7) = - 6.55$$

$$(5 \times 8) = 6.89$$

$$(5 \times 9) = 0.93$$

$$(6 \times 7) = 11.25$$

$$(6 \times 8) = - 5.79$$

$$(6 \times 9) = 1.33$$

$$(7 \times 8) = 4.91$$

$$(7 \times 9) = - 6.17$$

$$(8 \times 9) = - 2.35$$

Con los Valores S.C. Cuadro 3A se calcula la  $\sigma^2_s$  para cada progenitor con la siguiente fórmula.

$$\sigma^2_s (a) = \frac{S.C.a}{(P-2) \cdot (P-3)} - \frac{E^1}{r} \quad \frac{P-3}{P-2}$$

$$\sigma^2_s (1) = \frac{143.61}{(9-2) \cdot (9-3)} - \frac{1.7632632}{2} \quad \frac{9-3}{9-2}$$

$$= \frac{(143.61 - 0.88) \cdot 0.86}{294}$$

$$= - 0.34$$

$$\sigma^2_{s(2)} = \frac{(176.73 - 0.88) \cdot 0.86}{294}$$

$$= - 0.24$$

$$\sigma^2_{s(3)} = 0.16$$

$$\sigma^2_{s(4)} = - 0.20$$

$$\sigma^2_{s(5)} = 0.05$$

$$\sigma^2_{s(6)} = 0.01$$

$$\sigma^2_{s(7)} = 0.13$$

$$\sigma^2_{s(8)} = - 0.12$$

$$\sigma^2_{s(9)} = - 0.24$$

Estimación particular de los efectos de A.C.G. para cada progenitor con la siguiente fórmula.

$$g_i = \frac{p(X_i) - 2X_{..}}{P(P-2)}$$

$$g_1 = \frac{9(59.989) - 2(261.151)}{9(9-2)}$$

$$= \frac{539.901 - 522.302}{63}$$

$$= \frac{17.599}{63}$$

$$= 0.28$$

$$g2 = \frac{9 (53.141) - 2 (261.151)}{9 (9 - 2)}$$

$$= \frac{478.269 - 522.302}{63}$$

$$= - 0.70$$

$$g3 = - 1.94$$

$$g4 = 0.30$$

$$g5 = - 0.25$$

$$g6 = - 0.22$$

$$g7 = 0.38$$

$$g8 = 0.21$$

$$g9 = 0.03$$

NOTA: Datos Tabla 6A

Estimación particular de los efectos para A.C.E. Diseño 4 de Griffing.

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

$$S_{1 \times 2} = 7.347 - \frac{(59.989 + 53.141)}{9 - 2} + \frac{2 (261.151)}{(9-1)(9-2)}$$

$$= 7.347 - 16.161429 + 9.3268214$$

$$= 0.51$$

$$S_{1 \times 3} = 6.366 - \frac{(59.989 + 57.818)}{7} + 9.3268214$$

$$= - 1.13$$

$$S_{1 \times 4} = - 0.52$$

$$S_{1 \times 5} = 0.07$$

$$S_{1 \times 6} = 0.17$$

$$S_{1 \times 7} = - 0.36$$

$$S_{1 \times 8} = 0.42$$

$$S_{1 \times 9} = 0.88$$

$$S_{2 \times 3} = 7.380 - \frac{(53.141 + 57.818)}{7} + 9.33$$

$$= 0.86$$

$$S_{2 \times 4} = 6.536 - \frac{(53.141 + 60.115)}{7} + 9.33$$

$$= -0.31$$

$$S_{2 \times 5} = 0.92$$

$$S_{2 \times 6} = -0.10$$

$$S_{2 \times 7} = -0.90$$

$$S_{2 \times 8} = -0.03$$

$$S_{2 \times 9} = -0.92$$

$$S_{3 \times 4} = 0.04$$

$$S_{3 \times 5} = -0.83$$

$$S_{3 \times 6} = -0.45$$

$$S_{3 \times 7} = 0.05$$

$$S_{3 \times 8} = 0.46$$

$$S_{3 \times 9} = 1.03$$

$$S_{4 \times 5} = 0.88$$

$$S_{4 \times 6} = 0.62$$

$$S_{4 \times 7} = 0.74$$

$$S_{4 \times 8} = -1.35$$

$$S_{4 \times 9} = -0.08$$