

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE CRUZAS DIALETICAS A PARTIR DE ONCE
PROGENITORES DE MAIZ (*Zea mays* L.) DE GRANO BLANCO
PARA LA FORMACION DE HIBRIDOS DOBLES Y TRIPLES

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la
Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por
SAMUEL OBDULIO REYES GOMEZ

Al conferírsele el título de
INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
En el Grado Académico de
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, noviembre 1986

DL
01
T(884)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Roderico Segura

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
Vocal 1o.	:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez Gómez
Vocal 2o.	:	Ing. Agr. Jorge Enrique Sandoval Illescas
Vocal 3o.	:	Ing. Agr. Mario Melgar Morales
Vocal 4o.	:	Br. Luis Molina Monterroso
Vocal 5o.	:	Prof. Carlos Enrique Méndez Mijangos
Secretario:		Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda Amaya

Guatemala,
29 de octubre de 1986

Señores Miembros
Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad

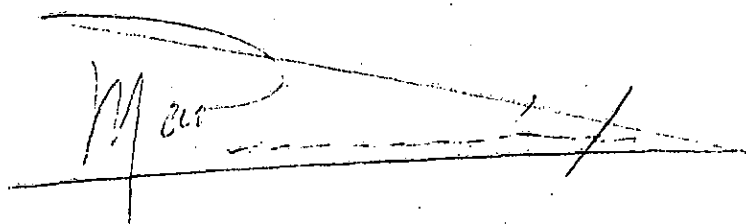
Distinguidos señores miembros:

Por este medio, y de acuerdo a la honrosa designación que me hiciera esa respetable Junta Directiva, asesoré al estudiante SAMUEL OBDELIO REYES GOMEZ, con Carnet Universitario No. 8212408, en su Trabajo de Tesis, titulado " ÉVALUACION DE CRUZAS DIALELICAS, A PARTIR DE ONCE PROGENITORES DE MAIZ (Zea mays L) DE GRANO BLANCO, PARA LA FORMACION DE HIBRIDOS DOBLES Y TRIPLES - GUATEMALA, 1985 "

Informo a ustedes que habiendo hecho la asesoría y revisión correspondiente, estimo que es un trabajo de relevancia en el campo de la investigación para resolver los problemas que conlleva la escasez de alimentos a nivel mundial.

Por lo anteriormente expuesto, ruego a ustedes se sirvan dar la aprobación correspondiente a dicho trabajo.

Muy atentamente,



Ing. Agr. M. C. Marco A. Dardón S.
Cdlegiado No. 236

Guatemala, noviembre 1986

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

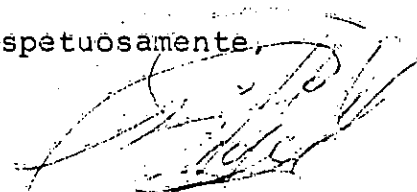
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

"Evaluación de cruzas dialélicas a partir de once progenitores de maíz (Zea mays L.) de grano blanco, para la formación de híbridos dobles y triples"

Pretendo con el presente trabajo dar un aporte a la solución de la problemática alimenticia nacional.

Al mismo tiempo, llenar con él el último requisito para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,



SAMUEL OBDULIO REYES GOMEZ

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A mis padres: Samuël Reyes Mayén
 Gloria Nineth Gómez de Reyes

A mis hermanos: Miguel Angel Reyes Gómez
 Héctor Rodolfo Reyes Gómez

Muy especialmente

A mis sobrinos: Angel Miguel Reyes Conde
 Luis Rodolfo Reyes Conde

A mi novia: Lydia Reyes García

A la familia: Mayén Córdoba

A mis tíos: Thelma Judith Gómez v. de Juárez
 Bernabé Reyes Mayén
 César Juárez, QEPD

A mis abuelitos: José Angel Reyes
 Nemecia Mayén de Reyes
 Victoria Morales, QEPD

A mis familiares en general

TESIS QUE DEDICO

A Guatemala

A Santa Cruz El Chol, B.V.

Al Instituto Técnico de Agricultura

A la Facultad de Agronomía, USAC

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas,
ICTA

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y
Trigo, CIMMYT

A la Cooperativa "Machaquilá", R.L.

A todos los agricultores, proletarios y semiprole-
tarios del país

Los datos de este trabajo fueron obtenidos mediante la utilización de recursos del Programa de Maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA. Los resultados son propiedad de dicho Instituto y se publican con la debida autorización.

Parte de este trabajo fue presentado en la XXXIIa. Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, PCCMCA, San Salvador, El Salvador, 1986.

AGRADECIMIENTO

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT y al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, por el apoyo económico y asesoría.

Al Ing. Agr., M.C. Marco Antonio Dardón por su imprescindible asesoramiento en el desarrollo de esta investigación.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
IV.1 GENERALIDADES	4
IV.2 CRUZAS DIALELICAS	5
IV.3 USO DE DIALELICOS	7
IV.4 CONCEPTOS DE APTITUD COMBINATORIA	11
IV.5 COMPONENTES DE LA VARIACION	11
IV.6 HEREDABILIDAD	13
IV.7 PREDICCION DE HIBRIDOS DOBLES Y TRIPLES	15
V. MATERIALES Y METODOS	19
V.1 LOCALIDADES DONDE SE REALIZARON LOS EXPERIMENTOS	19
V.2 MATERIAL GENETICO	19
V.3 PLANTEAMIENTO PARA LA EVALUACION DEL MATERIAL GENETICO	22
V.3.1 Variable bajo estudio.....	22
V.3.2 Tamaño de parcela y distancia de siembra	22
V.3.3 Toma de datos	23
V.3.4 Diseño de tratamientos	24
V.4 ANALISIS ESTADISTICO	26
V.4.1 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general	26
V.4.2 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica.....	27
V.4.3 Análisis dialélico	28
V.4.3.1 Análisis dialélico por calidad	28
V.4.3.2 Análisis dialélico combinado	30
V.4.3.3 Comparación simple y múltiple de medias	33
V.5 ESTIMACION DE LOS COMPONENTES DE VARIACION	34
V.6 HEREDABILIDAD	35
V.7 PREDICCION DE HIBRIDOS DOBLES Y TRIPLES	36
V.7.1 Híbridos dobles	36
V.7.2 Híbridos triples	36
VI. DISCUSION DE RESULTADOS	37

	Página
VI.1 EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL	37
VI.2 APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA	40
VI.3 ANALISIS DIALELICO	46
VI.3.1 Análisis dialélico por localidad ...	46
VI.3.2 Análisis dialélico combinado	49
VI.3.3 Prueba de medias	52
VI.4 COMPONENTES DE LA VARIANZA	58
VI.5 HEREDABILIDAD	60
VI.6 PREDICCIÓN DE HIBRIDOS DOBLES Y TRIPLES	61
VII. CONCLUSIONES	64
VIII. RECOMENDACIONES	65
IX. BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características climáticas de las cuatro localidades donde se realizó el estudio	19
2	Combinaciones en el diseño de Griffing caso IV	25
3	Tabla dialéctica para calcular la aptitud combinatoria general.....	26
4	Comportamiento de progenitores en base a ACG y comportamiento promedio de las cruzas en que intervienen para la variable rendimiento en cada localidad.....	38
5	Comportamiento progenitores en base a ACG y comportamiento promedio de las cruzas en que intervienen para variable rendimiento, a través de cuatro localidades.....	39
6	Efecto de aptitud combinatoria específica localidad Quesada	41
7	Efecto de aptitud combinatoria específica localidad Cuyuta	42
8	Efecto de aptitud combinatoria específica localidad La Máquina	43
9	Efecto de aptitud combinatoria específica localidad San Jerónimo	44
10	Efecto de aptitud combinatoria específica en las cuatro localidades.....	45
11	Análisis dialéctico localidades Quesada y Cuyuta	47
12	Análisis dialéctico La Máquina y San Jerónimo..	48
13	Análisis dialéctico combinado.....	50
14	Prueba de medias localidad Quesada.....	53
15	Prueba de medias localidad Cuyuta.....	54

Cuadro		Página
16	Prueba de medias localidad La Máquina.....	55
17	Prueba de medias localidad San Jerónimo.....	56
18	Prueba de medias en las cuatro localidades..	57
19	Estimación componentes de varianza para ACG y ACE.....	59
20	Componentes de la varianza genética.....	59
21	Componentes de la varianza fenotípica.....	60
22	Estimaciones de heredabilidad.....	61
23	Predicción de rendimiento de los diez mejo- res híbridos dobles que superaron al testigo	62
24	Predicción de rendimiento de los mejores diez híbridos triples que superaron al testigo...	63
 ANEXO		
1	Diseño IV de Griffing en bloques al azar....	69
2	Análisis de varianza de una serie de experi- mentos dialélicos sin efectos maternos.....	70

RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron 55 cruzas dialélicas originadas a partir de once progenitores de maíz de grano blanco con el objeto de predecir el rendimiento de híbridos dobles y triples.

La investigación se realizó en base a un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, a través de cuatro localidades, siendo ellas: Quesada, Cuyuta, La Máquina y San Jerónimo; utilizándose como progenitores los materiales GB-01, GB-13, GB-12, 43-46, 43-68, 22-100, 29-5, GB-27, GB-29 y GB-31.

⊙2-3-2

⊙1-1-3

Se efectuó un análisis dialélico utilizando el modelo II, diseño IV de Griffing, detectándose diferencia entre tratamientos, entre localidades, ACG, ACE, luego se hizo una prueba de medias en base a la prueba de Duncan's resultando que las mejores cruzas tenían como progenitores las líneas: GB-13, 43-68, 43-46, GB-12, GB-85 y GB-29.

⊙1-1-3

⊙2-3-2

Al calcular los efectos de aptitud combinatoria general los mejores progenitores fueron: 43-68, GB-13, GB-12 y GB-29, calculándose además el efecto de aptitud combinatoria específica.

⊙1-1-3

En base a ACG y ACE se estimaron los componentes de la varian-

za, así como la heredabilidad, tanto en sentido amplio como estricto, observándose que ésta última presenta un valor sumamente bajo, debido al efecto mayor de la varianza no aditiva.

En base a los rendimientos promedios de cada una de las cru-
zas se predijeron los híbridos dobles y triples posibles, se-
leccionando aquellos que presentaron valores superiores, sien-
do ellos:

A. Dobles

1. (43-46 x 43-68) (GB-12 x GB-13)
⊗ 2-3-2 ⊗ 1-1-3
2. (GB-29 x GB-13) (GB-85 x 43-68)
⊗ 1-1-3
3. (GB-29 x GB-85) (43-68 x GB-13)
⊗ 1-1-3
4. (GB-85 x 43-68) (GB-12 x GB-13)
⊗ 1-1-3
5. (GB-29 x 43-68) (GB-12 x GB-13)
⊗ 1-1-3
6. (GB-29 x GB-13) (43-68 x 43-46)
⊗ 1-1-3 ⊗ 2-3-2

Triples

1. (GB-85 x 43-68) GB-13
⊗ 1-1-3
2. (43-68 x 43-46) GB-13
⊗ 1-1-3 ⊗ 2-3-2
3. (GB-29 x GB-13) 43-68
⊗ 1-1-3
4. (GB-13 x GB-12) 43-68
⊗ 1-1-3
5. (GB-85 x GB-13) 43-68
⊗ 1-1-3
6. (GB-85 x 43-46) GB-13
⊗ 2-3-2

Estos híbridos deben ser evaluados en el campo, para comparar los rendimientos predichos con los reales, a efecto de continuar el presente estudio.

I. INTRODUCCION

En Guatemala, en base a los datos proporcionados por el Programa de Maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), el rendimiento promedio de maíz por unidad de área, a nivel nacional es bajo (1.7 ton/ha), siendo uno de los principales factores que contribuyen a ello el hecho de que se utilizan variedades de bajo potencial de rendimiento y con características agronómicas indeseables.

Ha sido motivo de preocupación de los mejoradores de maíz encontrar y aplicar nuevos métodos de selección que permitan el máximo aprovechamiento de la varianza genética presente en las poblaciones. Dentro de las metodologías que se han utilizado, la hibridación ha sido uno de los métodos que ha tenido más éxito para incrementar la capacidad de rendimiento.

El presente estudio constituye un esfuerzo más por seleccionar materiales que en base a su aptitud combinatoria pasarán a constituir los progenitores del nuevo material mejorado (híbridos dobles y triples), lográndose así un aumento en el rendimiento y por tanto, contribuirá a solucionar uno de los problemas que afectan a la producción de maíz en el país.

En base a los rendimientos de las cruzas dialélicas se predi-

jerón las mejores cruas triples y dobles. El experimento se realizó bajo un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones en cuatro localidades, para la variable rendimiento, expresado en toneladas métricas por hectárea. El análisis se realizó utilizando el modelo II, caso IV de Griffing.

La investigación se efectuó en cuatro localidades:

- a. Quesada, Jutiapa
- b. Cuyuta, Escuintla
- c. La Máquina, Suchitepéquez
- d. San Jerónimo, Baja Verapaz

Todas estaciones experimentales propiedad del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

II. HIPOTESIS

- II.1 Los híbridos dobles y triples predichos superan en rendimiento al testigo.
- II.2 Los progenitores presentan:
 - a. Diferente aptitud combinatoria general (ACG)
 - b. Diferente aptitud combinatoria específica (ACE)

III. OBJETIVOS

- III.1 Evaluar las cruzas posibles a partir de 11 progenitores de maíz de grano blanco con el fin de determinar la aptitud combinatoria general y específica de los materiales que servirán de base para la formación de híbridos dobles y triples.
- III.2 Predecir los híbridos dobles y triples posibles, a partir de las cruzas dialélicas provenientes de los 11 progenitores y seleccionar los mejores.

IV. REVISION DE LITERATURA

IV.1 GENERALIDADES

La planta de maíz permite el mejoramiento genético, tanto mediante procedimientos de endogamia como mediante cruzamientos. Estos procedimientos dan alternativas a los fitomejoradores para el desarrollo de tipos de maíz dentro de dos categorías amplias:

1. Formas híbridas que incluyen cruzas simples, cruzas triples, cruzas dobles, cruzas de mestizos e híbridos varietales.
2. Poblaciones de polinización libre, en la forma de variedades criollas (locales) o mejoradas que pertenecen a razas en particular compuestas de amplia base genética y generaciones avanzadas de cruzas varietales (12).

La mayoría de híbridos de maíz utilizados en la actualidad en América Latina son cruzas dobles y triples formadas de líneas endogámicas. En la fase inicial de formación de híbridos se utiliza el rendimiento de cruzas simples para constituir cruzamientos dobles y triples y evaluarlos en el campo.

Velásquez 1978 (14) menciona que la hibridación ha sido uno de los métodos de mejoramiento que más se ha empleado para aumentar la capacidad de rendimiento en maíz. Los efectos heteróticos son importantes para explotar el vigor híbrido, Wellhausen, 1960, según Velásquez (15), y para obtener la mayor expresión heterótica ha sido constante el estudio del germplasma base más útil.

IV.2 CRUZAS DIALELICAS

Las cruzas dialélicas constituidas por todas las cruzas simples que puedan lograrse a partir de una serie de materiales progenitores básicos, basado principalmente en los conceptos de aptitud combinatoria (4) constituye un procedimiento estándar de investigación en la genética de plantas y animales. Las cruzas dialélicas se emplean para estimar las componentes genéticas de la variación entre los rendimientos de las propias cruzas, así como su capacidad productiva (7).

Melgar (8) engloba los experimentos dialélicos en dos clases:

a. Diseños de Griffing

Cada uno de "p" progenitores se cruza con (p-1) de los progenitores disponibles.

Griffing, citado por Martínez Garza (7), subdivide las cruzas posibles en tres grupos:

1. (p) autofecundaciones
2. Grupo de p (p-1)/2 cruzas F_1
3. p(p-1)/2 cruzas recíprocas de las F_1

Propone el siguiente modelo lineal que representa las observaciones:

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

donde:

u = efecto de la media general

g_i = efecto de aptitud combinatoria general del progenitor i

g_j = efecto de aptitud combinatoria general del progenitor j

s_{ij} = efecto de aptitud combinatoria específica de la craza ij

r_{ij} = efecto de repeticiones de la cruz ij

e_{ij} = error aleatorio inherente

Además, el mismo autor establece cuatro métodos de aná-

lisis para cruzas dialélicas dependiendo de los genotipos que se incluyan:

- Progenitores, cruzas directas y recíprocas
- Progenitores y cruzas directas
- Sólo cruzas directas y recíprocas
- Cruzas directas.

b. Diseños dialélicos parciales

Cada uno de los "p" progenitores se cruza con $s <$ (p-1) de los progenitores disponibles.

IV.3 USO DE DIALELICOS

El uso de los diseños dialélicos se ha extendido a muchos cultivos con diferentes aplicaciones y variables resultados; de algunos efectuados con cebada se concluye que una gran parte de la variación genética total para rendimiento y otros caracteres agronómicos está asociada con la ACG indicando que la acción génica aditiva es más importante que la no aditiva (Yap y Harvey 1971), Escobar et al 1972, Ahmad 1968 y Moll & Robinson 1967) en maíz. (5).

Arévalo y Molinā (1974) trabajando con 8 variedades de cebada*maltera y sus cruzas dialélicas estimaron las varianzas y covarianzas tanto genotípicas como fenotípicas relativas a once caracteres agronómicos para construir índices de selección para el rendimiento de grano, encontrando que los índices formados de la información proveniente del dialelo fueron más eficientes. Mencionan que cuando se determina el tipo de acción génica que controla a los caracteres que se estudian, es posible identificar aquellos genotipos que pueden servir de base a un programa de mejoramiento genético, así como el método más eficiente para la selección de un carácter dado.

Estrada y Angeles (1975) trabajando con 160 híbridos F_1 de sorgo, probados en 4 localidades y obtenidos de 8 progenitores femeninos y 20 masculinos estimaron la ACG y ACE de cada progenitor determinando que la ACG fue de mayor valor que la ACE para los caracteres rendimiento de grano y días a floración. (5)

Hallauer y Martinson (1975) utilizando un análisis dialélico de 72 híbridos y sus recíprocos, con 9 líneas de citoplasma normal (Nrfrf) y estéril (NRFRF) en su

resistencia a la infección con Byopolaris maydis (Nisikado Shoemakerrae T), obtuvo estimaciones de ACG y ACE, así como los efectos maternos y recíprocos, encontrando significancia para los efectos maternos en todos los caracteres evaluados, excepto en número de plantas; además, el análisis de varianza fue descompuesto tanto para efectos de citoplasma normal como para efectos de citoplasma-T en las fuentes de variación siguientes: ACG, ACE, maternal y recíproca, respectivamente (5).

Oyervides (1979) trabajó con once variedades de maíz y sus 55 cruzas directas posibles, con 2 híbridos comerciales como testigo (H-503 y H-507) en tres localidades de Nayarit utilizó el análisis dialélico para determinar el comportamiento genético de cada una de las variedades progenitoras y sus cruzas mediante la estimación de los efectos de ACG y ACE. Encontró que existía variabilidad genética aditiva entre los progenitores para rendimiento de mazorca, también en caracteres de hilera por mazorca, granos por hilera, longitud de mazorca, hojas arriba de la mazorca, altura de planta, altura de mazorca y floración (5).

En ensayos realizados por el ICTA en San Jerónimo, Baja Verapaz, se estableció que las mejores cruza dialélicas superaron al híbrido comercial H-3 hasta en 7% con características agronómicas superiores. Comprobaron además la alta aptitud combinatoria de la familia 43-46. Se identificó la crusa simple (29-244 x 43-46) como progenitor femenino del híbrido HB-33 dado que esta crusa rindió igual que este último. Las 10 cruza simples identificadas ofrecen alternativas en la producción de híbridos para los agricultores (14).

Quemé, 1982 (11) trabajando con seis progenitores de híbridos de maíz en el área tropical de Guatemala concluyó que se observaba una alta significancia para la aptitud combinatoria específica (ACE), en cambio la aptitud combinatoria general resultó no significativa. La alta significancia para tratamientos mostrado en cada localidad y a través de ellas comprobó que existen diferencias altamente significativas para rendimientos entre tratamientos (dentro de cruza y dentro de progenitores), y que estas diferencias entre tratamientos son distintas en todas las localidades.

IV.4 CONCEPTOS DE APTITUD COMBINATORIA

La aptitud combinatoria general se emplea para determinar el comportamiento promedio de una línea endogámica, familia o población objeto de estudio en una serie de cruces en la cual intervino.

Por otra parte, la aptitud combinatoria específica mide el comportamiento de combinaciones específicas de cualesquiera de los materiales mencionados (1 y 9).

La aptitud combinatoria específica cobra importancia por cuanto nos señala las líneas o materiales que formarán después los híbridos comerciales.

IV.5 COMPONENTES DE LA VARIACION

En un trabajo pionero, Fisher (1918) estableció los componentes fundamentales de la variación, viene a completar el cuadro de la descripción mendeliana de un carácter métrico. El valor observado cuando el carácter se mide sobre un individuo se llama valor fenotípico. Los componentes principales del fenotipo son aquellos atribuibles al genotipo y al ambiente. Simbólicamente se puede escribir:

$$F = G + E$$

Donde:

F = valor fenotípico

G = valor genotípico

E = desviación ambiental

Si los efectos entre locis son aditivos, se expresa el valor genotípico "G" de un individuo de la forma siguiente:

$$G = a + D$$

donde:

A = Suma de los efectos génicos medios

D = Desviación de dominancia con A y D no correlacionados

Sin embargo, no siempre ocurre que el efecto genotípico de locus a locus es puramente aditivo. Así, al tener los loci M y N, con efectos genotípicos G_M y G_N , respectivamente, el efecto combinado de ambos loci tendría expresión general:

$$G_M + G_N + I_{MN}$$

donde I_{MN} es un efecto interactivo denominado en la genética con el término de apistasis. El valor genotípico "G" en general tendría la siguiente estructura algebraica:

$$G = A + D + I$$

y por consiguiente, F el valor fenotípico de un individuo tendría como expresión general: (7)

$$F = G + E = A + D + I + E$$

Considerando que una población tiene estructura de apareamiento aleatorio no presenta endogamia y no hay ligamiento factorial, se afirma que $\text{Cov. M.H.} = 1/4 \sigma^2_a + \dots$
y $\text{Cov. H.C.} = 1/2 \sigma^2_a + 1/4 \sigma^2_d + \dots$

De esto se deduce que:

$$\sigma^2_{ACG} = 1/4 \sigma^2_a, \text{ y}$$

$$\sigma^2_{ACE} = 1/4 \sigma^2_d$$

donde: $\text{Cov. M.H.} = \text{Covarianza de medios hermanos}$

$\text{Cov. H.C.} = \text{Covarianza de hermanos completos}$

$\sigma^2_a = \text{Varianza aditiva}$

$\sigma^2_d = \text{Varianza de dominancia}$

$\sigma^2_{ACG} = \text{Varianza debido a la aptitud combinatoria general}$

$\sigma^2_{ACE} = \text{Varianza debido a la aptitud combinatoria específica (11)}$

IV.6 HEREDABILIDAD

Poey et al describen la heredabilidad como la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación, esto significa que una alta

heredabilidad sugiere efectividad para lograr ganancias en procesos de selección (3). Existen dos formas de medir la heredabilidad en la práctica:

a. Heredabilidad en sentido amplio

Constituye la fracción de la varianza genética del total de la varianza fenotípica y determina la importancia relativa del genotipo y del medio ambiente, cuantitativamente se expresa por la fórmula:

$$H^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_F$$

donde:

H^2 = Heredabilidad en sentido amplio

σ^2_g = Varianza genotípica

σ^2_F = Varianza fenotípica

b. Heredabilidad en sentido estricto

Constituye la fracción genética debida a la varianza aditiva del total de la varianza fenotípica, cuantitativamente se expresa por la fórmula:

$$h^2 = \sigma^2_a / \sigma^2_F$$

donde:

h^2 = Heredabilidad en sentido estricto

σ^2_a = Varianza aditiva

Esta heredabilidad tiene especial importancia en mejo-

ramiento de poblaciones, ya que la varianza aditiva se expresa en la progenie de los individuos seleccionados.

(9)

IV.7 PREDICCIÓN DE HÍBRIDOS DOBLES Y TRIPLES

La predicción de cruzas dobles en maíz fue primero reportada por Jenkins (1934) (6) usando datos de híbridos simples. Jenkins sugirió cuatro métodos alternativos para predicción:

- a. Formar de seis cruzas simples posibles cualquier grupo de cuatro líneas producidas.
- b. Realizar el promedio de cuatro cruzas simples no progenitoras.
- c. Realizar el promedio de cuatro líneas producidas sobre series de cruzas simples.
- d. Realizar el promedio de un juego de cuatro líneas producidas cuando éstas se han probado por el procedimiento de cruzas más altas.

Los cuatro métodos de predicción desarrollados por Jenkins difieren con respecto al tipo de acción genética involucrado. Los métodos A, C y D se relacionan sólo a la acción genética aditiva, mientras que el método B involucra efectos tanto aditivos como no aditivos (do-

minancia y varios tipos de epistasis). Jenkins, usando todos los métodos, encontró una correlación significativa entre lo observado y lo predicho. Sin embargo, la correlación más grande fue encontrada en el método B, el cual está de acuerdo con el conocimiento actual de la teoría genética cuantitativa.

La predicción de híbridos dobles usando el método B de Jenkins es como sigue. En cada juego de cuatro líneas producidas (por ej. P₁, P₂, P₃ y P₄), las seis posibles cruzas simples son S₁₂, S₁₃, S₁₄, S₂₃, S₂₄ y S₃₄; y las tres posibles cruzas dobles pueden ser predichas:

$$S_{12} \times S_{34}: \bar{D}_{12.34} = (1/4)(\bar{S}_{14} + \bar{S}_{14} + \bar{S}_{23} + \bar{S}_{24})$$

$$S_{13} \times S_{24}: \bar{D}_{13.24} = (1/4)(\bar{S}_{12} + \bar{S}_{14} + \bar{S}_{23} + \bar{S}_{34})$$

$$S_{14} \times S_{23}: \bar{D}_{14.23} = (1/4)(\bar{S}_{12} + \bar{S}_{14} + \bar{S}_{24} + \bar{S}_{34})$$

Un modelo simple puede ser usado para ilustrar la teoría del procedimiento de predicción, si bien una teoría un poco más completa puede ser involucrada. Supongamos que las cuatro líneas formadas por los mismos progenitores tienen los siguientes genotipos: P₁: AABB, P₂: AAbb, P₃: aaBB y P₄: aabb. Denotando por a (o -a) y d los efectos genotípicos para los homocigotos y heterocigotos como desviaciones alrededor de una media u

de los dos extremos homocigotos, los siguientes efectos pueden ser asignados en una tabla dialélica, no considerando los efectos epistáticos, donde:

1	2	3	4
$u + a_A + a_B$	$u + a_A + d_B$	$u + d_A + a_B$	$u + d_A + d_B$
	$u + a_A - a_B$	$u + d_A + d_B$	$u + d_A + a_B$
		$u - a_A + a_B$	$u - a_A + d_B$
			$u - a_A - a_B$

La cruce doble $D_{12.34}$ resulta de la siguiente cruce:

Progenitores		CRUZA DOBLE	
Cruza simple	Genotipos	Efectos	Genotípicos
AABb	AaBB	$u + d_A + a_B$	
aaBb	AaBb	$u + d_A + d_B$	
	AaBb	$u + d_A + d_B$	
	Aabb	$u + d_A - a_B$	
	Promedio	$u + d_A + (1/2)d_B$	

El promedio de los efectos genotípicos de una cruce doble puede ser predicho por el promedio de los efectos genotípicos de los cuatro genotipos en la esquina superior derecha de la tabla dialélica. Estos efectos son relativos a las cruces simples no progenitoras.

Siguiendo el mismo procedimiento, cruza triples de un juego de tres líneas producidas puede ser predicho por:

$$\bar{T}_{12.3} = (1/2) (\bar{S}_{13} + \bar{S}_{23})$$

$$\bar{T}_{13.2} = (1/2) (\bar{S}_{12} + \bar{S}_{23})$$

$$\bar{T}_{23.1} = (1/2) (\bar{S}_{12} + \bar{S}_{13})$$

De acuerdo a Eberhart (1964) las fórmulas siguientes pueden ser usadas para predecir cruza dobles:

$$1. \hat{D}_{ij.k2}^{sa} = (1/6) (s_{ij} + s_{ik} + s_{i2} + s_{jk} + s_{j2} + s_{k2})$$

$$2. \hat{D}_{ij.k2}^{sb} = (1/4) (s_{ik} + s_{i2} + s_{jk} + s_{j2})$$

$$3. \hat{D}_{ij.k2}^{tij} = (1/2) (T_{ij.k} + T_{ij.2})$$

$$4. \hat{D}_{ij.k2}^{tkl} = (1/2) (T_{k2.1} + T_{k2.j})$$

$$5. \hat{D}_{ij.k2}^t = (1/2) (D_{ij.k2} - D_{ij.k2})$$

Las primeras dos fórmulas corresponden a los métodos A y B propuestos por Henkins (1934). Las otras están basadas en cruza triples y no tienen fórmulas que hayan sido usadas extensivamente porque de un juego fijo de líneas producidas hay más cruza triples posibles que cruza simples. Tales fórmulas pueden ser útiles cuando una cruza simple deseable (s_{ij}) está disponible y dos nuevas líneas producidas (k y 2) pueden ser desarrolladas para formar la cruza doble $D_{ij.k2}$.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V.1 LOCALIDADES DONDE SE REALIZARON LOS EXPERIMENTOS

Los experimentos se establecieron en cuatro centros de producción del ICTA, los cuales son:

1. Quesada, Jutiapa
2. Cuyuta, Escuintla
3. La Máquina, Suchitepéquez
4. San Jerónimo, Baja Verapaz

CUADRO 1. Características climáticas de las cuatro localidades donde se realizó el estudio

Localidad	Altura msnm	PP Media Anual mm	Temperatura Media °C
Quesada	980	1343	22.35
Cuyuta	048	2255	30.0
La Máquina	100	1850	27.00
San Jerónimo	969	866	20.70

FUENTE: Prera, J.E. (10)

V.2 MATERIAL GENÉTICO

Los materiales utilizados fueron once progenitores con buena adaptación al trópico de Guatemala y un híbrido que servirá como testigo. Ellos son:

- A. GB-01 = línea de maíz de grano blanco, derivada de criollos locales
- B. GB-13 = línea de maíz de grano blanco derivada de criollos locales
- C. GB-12 = línea de maíz de grano blanco, derivada de criollos locales
- D. 43-46 = es una línea producida por ICTA con material genético proveniente de la población La Posta (43) generada por un programa cooperativo del ICTA-CIMMYT, maíz de grano blanco, dentado, basado en germoplasma de Tuxpeño. Alto y tardío, con alto potencial de rendimiento, adaptable a tierras bajas de Sur América, Centro América, Africa Central y algunos lugares del del este de Africa.
②-3-2
- E. 43-68 = material proveniente de la población La Posta al igual que el anterior y de la familia 68.
②-1-3
- F. GB-85 = material de grano blanco derivado de criollos locales.
- G. 22-200 = material formado a partir de la población 22 y de la familia 100. Esta población

es de tierras bajas tropicales, grano blanco dentado-semidentado. Adaptable a México, Centro América, norte de Sur América, este y oeste de Africa y la India.

- H. 29=5 = material formado a partir de la población 29 y la familia 5. Esta población es adaptable a tierras bajas tropicales, con grano blanco dentado y de maduración tardía. Alto potencial de rendimiento. A esta población se le llama Tuzpeño Caribe.
- I. GB-27 = material originado a partir de la población 23 del CIMMYT.
- J. GB-29 = material proveniente de la población 21 del CIMMYT. Esta población es adaptable a tierras bajas tropicales, con grano dentado blanco y de maduración tardía, de excelente estabilidad. Resistente a muchas enfermedades foliares.
- K. GB-31 = material proveniente de la población 43 ya descrita anteriormente.
- L. HB-83 = híbrido blanco, cuya composición es la

siguiente:

(22-100 x 29-5) (43-46 x 43-68)
⊗ 2-3-2 ⊗ 1-1-3

Las cruzas posibles a partir de estos once progenitores son:

$$\begin{aligned} \text{No. cruzas} &= \frac{n(n-1)}{2} \\ &= \frac{11(10)}{2} \end{aligned}$$

$$\text{No. cruzas} = 55$$

V.3 PLANTEAMIENTO PARA LA EVALUACION DEL MATERIAL GENETICO

V.3.1 Variable bajo estudio

Rendimiento (ton/ha)

V.3.2 Tamaño de parcela y distancia de siembra

Para las localidades Cuyutá, San Jerónimo y La Máquina el área de la parcela fue de 8.25 m² y para Quesada de 8.80 m². Esta estuvo constituida por dos surcos de 5.5 metros de largo, separados a 0.75 metros para las localidades de Cuyutá y San Jerónimo y 0.80 para Quesada entre surcos y 0.50 metros entre postura (dos plantas por postura), haciendo un total de 22

plantas por surco (53,333 plantas/ha para Cuyuta, San Jerónimo y La Máquina y 50,000 plantas/ha en Quesada).

V.3.3. Toma de datos

Se consideró como rendimiento por parcela el peso total de todas las mazorcas cosechadas en la parcela experimental en kilogramos, luego se ajustó a toneladas por hectárea, de grano al 15% de humedad, utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Peso ton/ha} = \frac{Pc \times \frac{100-hc}{100-hd} \times K \text{ área} \times K \text{ desgrane}}{1,000}$$

donde:

hc = humedad al momento de la cosecha

Pc = peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela (en kilogramos)

hd = humedad deseada (15% en este estudio)

K área = constante para ajustar a kg/ha en grano

K desgrane = constante para ajustar a rendimiento en grano (0.8)

$$K \text{ área} = \frac{10,000 \text{ m}^2}{8.25 \text{ m}^2} = 1212.1212 \text{ (Para Cuyuta, San Jerónimo y La Máquina)}$$

$$K \text{ área} = \frac{10,000 \text{ m}^2}{8.80 \text{ m}^2} = 1136.3636 \text{ (Para Quesada)}$$

La fórmula se redujo a la forma siguiente:

$$a. \text{ Peso ton/ha} = \frac{Pc (100 - hc) 11.4081}{1,000}$$

Localidad Cuyuta, La Máquina y San Jerónimo

$$b. \text{ Peso ton/ha} = \frac{Pc (100 - hc) 10.695}{1,000}$$

Localidad Quésada

V.3.4 Diseño de tratamientos

Las cruzas se evaluaron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, en cuatro localidades. En total se evaluaron 44 tratamientos.

El diseño de análisis fue el modelo II, caso IV de Griffing, que ensayó el grupo de $p(p-1)/2$ cruzas F_1 , no incluye autofecundaciones, ni cruzas recíprocas.

CUADRO 2. Combinaciones en el diseño de Griffing, caso IV de once progenitores

	GB-01	GB-13	GB-12	43-46 ②-3-2	43-68 ①-1-3	GB-85	22-100	29-5	GB-27	GB-29	GB-31
GB-01	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
GB-13	x	x	x	x	x	x	x	x	x
GB-12	x	x	x	x	x	x	x	x
43-46 ②-3-2	x	x	x	x	x	x	x
43-68 ①-1-3	x	x	x	x	x	x
GB-85	x	x	x	x	x
22-100	x	x	x	x
29-5	x	x	x
GB-27	x	x
GB-29	x
GB-31

FUENTE: Martínez Garza (7).

V.4 ANALISIS ESTADISTICO

A diferencia de Quemé de León (11) y Vásquez Mejía (14) en este trabajo no se consideró necesario un análisis de varianza general, ya que el análisis dialéctico lleva incluidas las fuentes de variación de dicho análisis.

V.4.1 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general

Para estimar el efecto de aptitud combinatoria general se tabularon los datos de acuerdo a la tabla siguiente:

CUADRO 3. Tabla dialéctica, para calcular la aptitud combinatoria general

Progenitor	Progenitor				Totales
	1	2	.....	p	
1	--	Y_{12}	.....	Y_{1p}	G_1
2	Y_{21}	--	.....	Y_{2p}	G_2
.
.
.
p	Y_{p1}	Y_{p2}$	.....	2Y_{pp}$	G_p
Totales	G_1	G_2	.....	G_p	$2Y...$

FUENTE: Martínez Garza (7)

Luego, para cada uno de los progenitores se aplicó la fórmula siguiente:

$$\hat{g}_i = \frac{G_i}{r(p-2)} - \frac{2\bar{Y} \dots}{rp(p-2)}$$

$$i = 1, 2, \dots, p \quad (p = 11)$$

$\bar{Y} \dots$ = Gran total

\hat{g}_i = efecto de aptitud combinatoria general para el progenitor i .

La sumatoria de efectos de aptitud combinatoria general fue 0. Se calculó para cada una de las localidades y para las cuatro combinadas.

V.4.2 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica

Para estimar la ACE, de cada cruce se aplicó la fórmula siguiente:

$$\hat{S}_{ij} = \frac{Y_{ij} \dots}{r} - (\hat{g}_i + \hat{g}_j) - \bar{Y} \dots$$

donde:

S_{ij} = efecto de ACE

$Y_{ij} \dots$ = sumatoria de repeticiones de cruce con progenitores i y j

r = número de repeticiones (4)

\hat{g}_i = efecto de ACG del progenitor i

\hat{g}_j = efecto de ACG del progenitor j

$\bar{Y}...$ = media general

Se calculó el efecto de aptitud combinatoria específica para cada localidad y también el de las 55 cruzas en el combinado de las cuatro localidades.

V.4.3 Análisis dialélico

Este análisis se efectuó con el propósito de estimar los tipos de acción génica y para conocer la importancia de los componentes de la varianza en la variable rendimiento; así como para conocer si existía diferencia entre tratamientos, localidades, tratamientos por localidades, ACG, ACE, ACG por localidades, ACE por localidades.

V.4.3.1 Análisis dialélico por localidad

Para efectuar este análisis se utilizó el diseño IV de Griffing detallado por Martínez Garza (7), siendo el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = u + g_i + g_j + S_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

i, j = 1, 2, p progenitores (desde 1 a 11)

k = 1, 2, r repeticiones

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

u = efecto común de todas las observaciones

g_i = efecto de la ACG del progenitor "i"

g_j = efecto de la ACG del progenitor "j"

S_{ij} = efecto de la aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruce (ij)

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

(Ver análisis en anexo 1)

a. Pruebas de significancia de los efectos de ACG y ACE:

En el diseño IV de Griffing la prueba de la hipótesis $H_0: \sigma^2_s = 0$ se realizó calculando el cociente: $CM(ACE) / CM(\text{error})$, el cual bajo la hipótesis y cuando los errores E_{ijk} siguen una distribución normal, se distribuyó como una F con los grados de libertad de la aptitud combinatoria específica en el numerador y los grados de libertad del error en el denominador. Similarmente, para probar la hipótesis $H_0: \sigma^2_g = 0$ se formuló la razón:

CM (ACG) / CM (ACE).

El cual bajo la hipótesis y la suposición de errores normales, se distribuye como una F con (P-1) grados de libertad en el numerador y con los grados de libertad de la ACE en el denominador

La prueba de significancia de la diferencia entre tratamientos se determinó bajo la prueba de F:

$$F_c = \text{CM Cruzas} / \text{CME}$$

donde

$$F_c = F \text{ calculada}$$

$$\text{CME} = \text{Cuadrado medio del error}$$

V.4.3.2. Análisis dialélico combinado

Consistió en el análisis de una serie de experimentos dialélicos que comprendió el ensayo de las mismas cru-
zas en cada localidad en diseños de bloques completos al azar. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + P_k + (GP)_{ik} + (GP)_{jk} + (SP)_{ijk} + E_{ijkl}$$

donde:

$$i, j = 1, 2, \dots, P = \text{progenitores (11)}$$

$$k = 1, 2, \dots, a = \text{localidades (4)}$$

$$l = 1, 2, \dots, r = \text{repeticiones (4)}$$

Y_{ijkl} = valor fenotípico observado en la cruce con progenitores i y j en la l -ésima repetición en la k -ésima localidad

u = efecto común de todas las observaciones

g_i = efecto de la ACG del i -ésimo progenitor

g_j = efecto de la ACG del j -ésimo progenitor

S_{ij} = efecto de la ACE del j -ésimo progenitor con el i -ésimo progenitor

P_k = efecto de la localidad k

$(GP)_{ik}$ = interacción entre el efecto i de la ACG y la localidad k

$(SP)_{ijk}$ = interacción entre el efecto (ij) de la ACE y la localidad k

$(GB)_{jk}$ = Interacción entre el efecto j de la ACG y la localidad k

E_{ijk} = Error

Las pruebas de hipótesis se realizaron seleccionando los términos apropiados de error. Por ej. ACE y ACG x Loc; se probaron comparando $CM(ACE)$ y $CM(ACG \times L)$ contra $CM(ACE \times Loc)$. ACE x Loc. se prueba comparando $CM(ACE \times Loc)$ contra el cuadrado medio del error conjunto, $CM(\text{error})$.

Finalmente, para ACG se formó un error combinado com-

parando $\bar{C}M$ (ACG) contra $CM(ACE) + CM(ACG \times L) - CM(ACE \times L)$.

La prueba de significancia de la diferencia entre cru-
zas se determinó así:

$$F \text{ trat.} = CM_t / CM(1 \times t)$$

donde:

$F \text{ trat.}$ = F calculada de tratamientos

CM_t = cuadrado medio de tratamientos

$CM(1 \times t)$ = cuadrado medio de localidad por tratamiento

Determinación de la diferencia entre localidades

$$F \text{ loc.} = CM(1) / CM(1 \times t)$$

donde:

$F \text{ loc.}$ = F calculada de localidades

$CM(1)$ = cuadrado medio de localidades

Determinación de existencia de interacción localida-
des por tratamiento:

$$F \text{ loc} \times \text{Trata} = CM(1 \times t) / CMe$$

Donde:

$F \text{ loc} \times \text{Trata}$ = F calculada de localidades por trata-
miento

$CM(1 \times t)$ = cuadrado medio de la interacción loca-
lidades por tratamiento

CMe = cuadrado medio del error

V.4.3.3 Comparación simple y múltiple de medias

Esta comparación se realizó para la variable rendimiento en cada una de las localidades y en el combinado de las cuatro localidades, utilizándose para ello la prueba de Duncan's. Esta prueba se conoce como prueba de Student o de t modificada. La prueba de Duncan permite hacer las comparaciones múltiples posibles $\frac{a(a-1)}{1}$ y se utiliza cuando el número de tratamientos es considerable aún cuando la prueba F no sea significativa. Se usa un valor de "t" tabulado por Duncan's para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ y/o G.L. del error experimental.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se ordenaron las medias de tratamientos en serie por su magnitud creciente o decreciente
- Se calculó un límite de significancia (L.S) para cada dos medias que se compararon considerando su posición (o lugar) en la serie y el número de medias en la serie que separaban a las dos medias que se comparaban.

El valor de límite de significancia se calculó así:

$$L.S. = t \sqrt{S\bar{x}}$$

donde:

t = t múltiple obtenida de las tablas de Duncan's

para $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$

$$S\bar{x} = \text{error estándar de la media} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

s^2 = varianza del error experimental

n = valor del número de repeticiones

El valor de " t " múltiple se obtiene con $n^2 = G1$ y el número de medias que se están comparando (11). Dos medias son consideradas diferentes si su diferencia es mayor que el L.S. calculado.

V.5 ESTIMACION DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA

Con la esperanza matemática de los cuadrados medios que se obtuvieron para ACG, ACE y error se estimaron

$$\sigma^2_a, \sigma^2_d \text{ y } \sigma^2_e.$$

De acuerdo a las siguientes expresiones:

$$\sigma^2_{ACG} = 1/4 \sigma^2_a \quad \text{Si } F = 0$$

$$\sigma^2_{ACE} = 1/4 \sigma^2_d$$

$$\sigma^2_e = \text{ambiente.}$$

donde:

$$\sigma^2_{ACG} = \text{varianza para ACG}$$

σ^2_{ACE} = varianza para ACE

σ^2_e = varianza para el error (ambiente)

σ^2_d = varianza de dominancia

σ^2_a = varianza aditiva

σ^2_F = coeficiente de endogamia

En base a la estimación de sus componentes se obtuvieron la varianza fenotípica (σ^2_F) y la varianza genética (σ^2_G), según las fórmulas:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_e + \sigma^2_{Ge}$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_a + \frac{\sigma^2_d + \sigma^2_{e0}}{\text{no aditiva}}$$

donde:

σ^2_{Ge} = varianza atribuible a interacción genotipo ambiente (localidad x tratamiento)

σ^2_{e0} = varianza epistática

V.6 HEREDABILIDAD

Se calculó la heredabilidad tanto en sentido amplio

(H^2) como en sentido estricto (h^2) así:

$$a. \quad H^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_F}$$

donde: (H^2) es la heredabilidad en sentido amplio.

σ^2_G = varianza genética

σ^2_F = varianza fenotípica

$$b. \quad h^2 = \frac{\sigma^2_a}{\sigma^2_F}$$

donde:

h^2 = heredabilidad en sentido estricto
 σ^2_a = varianza aditiva

V.7 PREDICCIÓN DE HÍBRIDOS DOBLES Y TRÍPLES

Predicciones en base a las fórmulas de Jenkins (1934) citado por Hallaver, A. & Miranda, J.B. (6).

Para predecir los híbridos dobles y triples se utilizó el rendimiento medio de cada una de las cruzas para las cuatro localidades.

V.7.1 Híbridos dobles

La predicción se hizo en base a la fórmula de Jenkins:

$$(AxB) (CXD) = \frac{(AXC) + (AXD) + (BXC) + (BXD)}{4}$$

V.7.2 Híbridos triples

Para este caso se utilizó la fórmula de Jenkins siguiente:

$$(AXB) (BXC) = (AXB)C = \frac{(AXC) + (BXC)}{2}$$

De los híbridos que superaron al HB-83 (testigo) se escogieron los que presentaron los más altos valores de rendimiento.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

VI.1. EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL

En los cuadros 3 y 4 se observa el comportamiento de los progenitores en base a sus efectos de aptitud combinatoria general (\hat{g}_i), así como el comportamiento promedio de las cruzas en que intervienen para la variable rendimiento por cada localidad y para las cuatro localidades.

En dichos cuadros puede apreciarse que el ordenamiento de los progenitores según sus efectos de aptitud combinatoria general es congruente con el ordenamiento de los rendimientos promedios en toneladas por hectárea, tanto en cada una de las localidades, como en el conjunto de las mismas, ya que entre mayor es la aptitud combinatoria general de un progenitor mayor es el rendimiento promedio de las cruzas en que interviene.

En Quesada se observó el valor más alto y más bajo para la aptitud combinatoria general, lo cual comprueba la alta significancia manifestada para dicho parámetro (Cuadro 10), dichos valores son: 0.73025 para el progenitor 43-68 y -1.010025 para el progenitor GB-01.

CUADRO 4. Comportamiento de los progenitores en base a sus efectos de ACG (\hat{g}_i) y comportamiento promedio de las cruzas en que intervienen, para la variable rendimiento, en cada localidad

Progenitor	\hat{g}_i	Rendimiento TM/ha	Progenitor	\hat{g}_i	Rendimiento TM/ha
LOCALIDAD QUESADA, JUTIAPA			LOCALIDAD SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ		
GB-01	-1.010025	4.05522 (11)	GB-01	-0.1168	6.9445 (07)
GB-13	-0.079190	4.81681 (08)	GB-13	0.5553	7.4945 (01)
GB-12	0.034697	4.91000 (07)	GB-12	0.0509	7.0818 (05)
43-46	-0.245000	4.68113 (10)	43-46	-0.0613	6.9900 (06)
43-68 ²⁻³⁻²	0.730250	5.48545 (01)	43-68 ²⁻³⁻²	0.4609	7.4172 (02)
GB-85 ¹⁻¹⁻³	-0.095303	4.80363 (09)	GB-85 ¹⁻¹⁻³	-0.3513	6.7527 (11)
22-100	0.128030	4.98636 (04)	22-100	-0.2524	6.8336 (10)
29-5	0.192470	5.03909 (03)	29-5	0.0731	7.1000 (04)
GB-27	0.044690	4.91818 (05)	GB-27	-0.2246	6.8563 (09)
GB-29	0.255810	5.09090 (02)	GB-29	0.0753	7.1018 (03)
GB-31	0.043580	4.91727 (06)	GB-31	-0.2090	6.8690 (08)
LOCALIDAD LA MAQUINA, SUCHITEPEQUEZ			LOCALIDAD CUYUTA, ESCUINTLA		
GB-01	-0.253434	4.09363 (10)	GB-01	-0.4657	3.9281 (11)
GB-13	0.543230	4.74545 (01)	GB-13	0.5197	4.7345 (01)
GB-12	-0.034545	4.27272 (06)	GB-12	0.3410	4.5890 (02)
43-46	-0.295656	4.05909 (11)	43-46	-0.0009	4.3100 (09)
43-68 ²⁻³⁻²	0.329898	4.57090 (02)	43-68 ²⁻³⁻²	0.2164	4.4863 (03)
GB-85 ¹⁻¹⁻³	-0.200100	4.13727 (08)	GB-85 ¹⁻¹⁻³	-0.2968	4.0663 (08)
22-100	-0.121210	4.20181 (07)	22-100	-0.0224	4.2909 (06)
29-5	-0.242320	4.10272 (09)	29-5	-0.4035	3.9790 (10)
GB-27	0.0510	4.3427 (04)	GB-27	0.2131	4.4836 (04)
GB-29	-0.0256	4.2800 (05)	GB-29	0.0709	4.3672 (05)
GB-31	0.2487	4.5045 (03)	GB-31	-0.1746	4.1663 (07)

\hat{g}_i = efecto de la aptitud combinatoria general

() = número entre paréntesis indica el número que corresponde en el ordenamiento.

CUADRO 5. Comportamiento de los progenitores en base a sus efectos de aptitud combinatoria general (\hat{g}_i) y comportamiento promedio de las cruizas en que intervienen para la variable rendimiento, a través de cuatro localidades. Guatemala. 1985

Progenitor	\hat{g}_i	Rendimiento en ton/ha
GB-01	-0.4615	4.7533 (11)
GB-13	0.3847	5.4478 (02)
GB-12	0.0982	5.2134 (03)
43-46 ⊗ 2-3-2	-0.1502	5.0100 (09)
43-68 ⊗ 1-1-3	0.4343	5.4900 (01)
GB-85	-0.2358	4.9400 (10)
22-100	-0.0670	5.0781 (07)
29-5	-0.0950	5.0552 (08)
GB-27	0.0210	5.1502 (05)
GB-29	0.0941	5.2100 (04)
GB-31	-0.0228	5.1143 (06)

\hat{g}_i = Efecto de la aptitud combinatoria general.

() = Número entre paréntesis indica el número que le corresponde en el ordenamiento.

Los progenitores con aptitud combinatoria general más alta y por ende comportamiento promedio de las cruzas en que intervienen en la variable rendimiento en las cuatro localidades más alto son:

- | | | | |
|-----|----------------|-----|-------|
| 1o. | 43-68
①-1-3 | 4o. | GB-29 |
| 2o. | GB-13 | 5o. | GB-27 |
| 3o. | GB-12 | | |

VI.2 APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA

Puede observarse en los cuadros del 6 al 10 las estimaciones de los efectos de aptitud combinatoria específica (S_{ij}) para la variable rendimiento de las cruzas de la serie dialélica, así como el comportamiento promedio de cada una de las cruzas en la variable rendimiento para cada localidad y para las cuatro localidades.

Las cinco cruzas que presentaron valores de rendimiento más alto también poseen una alta aptitud combinatoria específica, aunque no las máximas. En tres de las cruzas con aptitud combinatoria más alta interviene el progenitor GB-01, en dos el GB-85 y 43-68. Como se ve no siempre los progenitores con más alta aptitud combinatoria general intervienen en cruzas con más alta aptitud combinatoria específica.

CUADRO 6. Efecto de la aptitud combinatoria específica (s) para las 55 cruzas, a partir de 11 progenitores de maíz y su rendimiento promedio en la localidad QUESADA. Guatemala 1985

Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha	Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha
GB-01 x GB-13	-0.8557	3.4353	43-46 ²⁻³⁻² x GB-85	-0.0496	4.9913
GB-01 x GB-12	0.9753	5.6500	43-46 ²⁻³⁻² x 22-100	0.2169	5.4840
GB-01 x 43-46 ²⁻³⁻²	-0.2324	3.8932	43-46 ²⁻³⁻² x 29-5	0.1325	5.4659
GB-01 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.1997	5.3051	43-46 ²⁻³⁻² x GB-27	0.4603	5.6399
GB-01 x GB-85	-1.2746	3.0041	43-46 ²⁻³⁻² x GB-29	-0.0205	5.3697
GB-01 x 22-100	-0.2680	4.2346	43-46 ²⁻³⁻² x GB-31	-0.1685	5.0146
GB-01 x 29-5	-0.2424	4.3242	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-85	0.0750	6.0889
GB-01 x GB-27	0.9653	5.6500	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 22-100	0.4117	6.6472
GB-01 x GB-29	0.1542	4.7853	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 29-5	-0.0827	6.2218
GB-01 x GB-31	0.4764	4.8887	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-27	-0.7549	5.4008
GB-13 x GB-12	-0.1155	5.2167	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-29	0.0739	6.4393
GB-13 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.2541	5.3113	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-31	-0.2338	5.9211
GB-13 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.6489	6.6830	GB-85 x 22-100	0.1872	5.5985
GB-13 x GB-85	0.5449	5.7533	GB-85 x 29-5	0.2406	5.7050
GB-13 x 22-100	-0.1988	5.2344	GB-85 x GB-27	0.2406	5.5695
GB-13 x 29-5	0.1367	5.6268	GB-85 x GB-29	-0.0605	5.4829
GB-13 x GB-27	-0.1855	5.1599	GB-85 x GB-31	0.1517	5.4774
GB-13 x GB-29	-0.0366	5.5246	22-100 x 29-5	-0.0305	5.6721
GB-13 x GB-31	-0.2943	5.0496	22-100 x GB-27	-0.0727	5.4852
GB-12 x 43-46 ²⁻³⁻²	-0.3296	4.8379	22-100 x GB-29	-0.0338	5.7326
GB-12 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	-0.0749	5.0706	22-100 x GB-31	-0.2716	5.2818
GB-12 x GB-85	-0.1393	5.1855	29-5 x GB-27	-0.2271	5.3946
GB-12 x 22-100	-0.0427	5.5045	29-5 x GB-29	0.0617	5.8944
GB-12 x 29-5	-0.2971	5.3116	29-5 x GB-31	0.2239	5.8416
GB-12 x GB-27	-0.1093	5.3536	GB-27 x GB-29	-0.4305	5.2479
GB-12 x GB-29	0.1094	5.7809	GB-27 x GB-31	0.0117	5.4841
GB-12 x GB-31	-0.0782	5.3800	GB-29 x GB-31	0.0806	5.7646
43-46 ²⁻³⁻² x 43-68 ¹⁻¹⁻³	-0.3652	5.5005			

CUADRO 7. Efecto de la aptitud combinatoria específica (s) para las 55 cruzas, a partir de 11 progenitores y su rendimiento promedio en la localidad CUYUTA. Guatemala 1985

Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha	Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha
GB-01 x GB-13	0.2959	5.1039	43-46 ²⁻³⁻² x 43-68 ¹⁻¹⁻³	-0.5073	4.4610
GB-01 x GB-12	0.1237	4.7500	43-46 ²⁻³⁻² x 22-100 ¹⁻¹⁻³	0.3015	5.0295
GB-01 x 43-46 ²⁻³⁻²	-0.1607	4.3416	43-46 ²⁻³⁻² x 29-5	-0.3273	4.0202
GB-01 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	-0.2107	4.2905	43-46 ²⁻³⁻² x GB-27	0.3059	5.2692
GB-01 x GB-85	-2.3373	1.6541	43-46 ²⁻³⁻² x GB-29	-0.0818	4.7449
GB-01 x 22-100	0.1081	4.3679	43-46 ²⁻³⁻² x GB-31	-0.1762	4.4023
GB-01 x 29-5	0.8792	4.7623	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-85	0.2004	4.8728
GB-01 x GB-27	0.2526	4.7500	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 22-100	-0.0840	4.8611
GB-01 x GB-29	0.0948	4.4452	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 29-5	-0.2529	4.3103
GB-01 x GB-31	0.6404	4.7472	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-27	-0.0695	5.1060
GB-13 x GB-12	0.2637	4.8903	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-29	-0.0873	4.9549
GB-13 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.2192	5.4910	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-31	-0.0918	4.6952
GB-13 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.5937	6.0823	GB-85 x 22-100	0.4011	4.6347
GB-13 x GB-85	0.5970	5.5717	GB-85 x 29-5	0.3004	4.3543
GB-13 x 22-100	0.2226	5.4653	GB-85 x GB-27	0.2037	4.8698
GB-13 x 29-5	-0.0262	4.8396	GB-85 x GB-29	0.4559	4.9762
GB-13 x GB-27	-0.7729	4.7104	GB-85 x GB-31	-0.2884	3.9872
GB-13 x GB-29	0.0892	5.4257	22-100 x 29-5	-0.1540	4.1711
GB-13 x GB-31	-0.5951	4.5002	22-100 x GB-27	0.0211	4.7577
GB-12 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.0970	5.1936	22-100 x GB-29	-0.1266	4.4729
GB-12 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.4115	5.7230	22-100 x GB-31	-0.1629	4.3859
GB-12 x GB-85	0.5948	5.3468	29-5 x GB-27	-0.2195	4.3406
GB-12 x 22-100	-0.0195	5.0538	29-5 x GB-29	0.1526	4.5688
GB-12 x 29-5	-0.4784	4.2081	29-5 x GB-31	0.0281	4.2006
GB-12 x GB-27	0.5348	5.8374	GB-27 x GB-29	-0.4140	4.6211
GB-12 x GB-29	-0.4329	4.7338	GB-27 x GB-31	0.2615	5.0455
GB-12 x GB-31	-0.1673	4.7500	GB-29 x GB-31	0.4537	5.1011

CUADRO 8. Efecto de la aptitud combinatoria específica (s) para las 55 cruzas, a partir de 11 progenitores y su rendimiento promedio en la localidad CUYUTA. Guatemala 1985.

Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha	Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha
GB-01 x GB-13	-0.2297	4.7884	43-46 ²⁻³⁻² x 43-68 ¹⁻¹⁻³	-0.7842	3.9779
GB-01 x GB-12	0.2879	4.7300	43-46 ²⁻³⁻² x GB-85	0.7057	4.9418
GB-01 x 43-46 ²⁻³⁻²	-0.1709	4.0136	43-46 ²⁻³⁻² x 22-100	0.3368	4.6475
GB-01 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.0135	4.8190	43-46 ²⁻³⁻² x 29-5	-0.6620	3.5333
GB-01 x GB-85	-1.6564	2.6151	43-46 ²⁻³⁻² x GB-27	-0.1653	4.3196
GB-01 x 22-100	0.0746	4.4306	43-46 ²⁻³⁻² x GB-29	-0.5486	3.8565
GB-01 x 29-5	0.3257	4.5648	43-46 ²⁻³⁻² x GB-31	-0.4031	4.2784
GB-01 x GB-27	0.2024	4.7300	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-85	0.8002	5.6566
GB-01 x GB-29	0.2690	4.7150	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 22-100	-0.2186	4.7192
GB-01 x GB-31	0.8946	5.6173	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 29-5	0.3124	5.1343
GB-13 x GB-12	-0.2186	5.0161	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-27	-0.1609	4.9479
GB-13 x 43-46 ²⁻³⁻²	1.3924	6.3700	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-29	0.6857	5.7190
GB-13 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	-0.6231	4.9799	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-31	-0.3886	4.9247
GB-13 x GB-85	0.3668	5.4451	GB-85 x 22-100	0.6513	5.0647
GB-13 x 22-100	-0.1120	5.0351	GB-85 x 29-5	-0.4475	3.8373
GB-13 x 29-5	0.7890	5.8178	GB-85 x GB-27	0.0890	4.6712
GB-13 x GB-27	-0.8742	4.4462	GB-85 x GB-29	-0.9242	3.5757
GB-13 x GB-29	-0.2375	5.0090	GB-85 x GB-31	0.2513	5.0271
GB-13 x GB-31	-0.2420	5.2766	22-100 x 29-5	-0.1264	4.2382
GB-12 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.3102	4.7145	22-100 x GB-27	0.3902	5.0512
GB-12 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.3746	5.4023	22-100 x GB-29	-0.2031	4.3904
GB-12 x GB-85	0.1746	4.6700	22-100 x GB-31	-0.9275	3.9320
GB-12 x 22-100	0.1457	4.7225	29-5 x GB-27	0.1213	4.6602
GB-12 x 29-5	-0.8031	3.6548	29-5 x GB-29	0.1579	4.6242
GB-12 x GB-27	-0.0364	4.7085	29-5 x GB-31	0.3435	5.0836
GB-12 x GB-29	-0.0098	4.6570	GB-27 x GB-29	0.2846	5.0391
GB-12 x GB-31	-0.2142	4.7300	GB-27 x GB-31	0.1602	5.1860
			GB-29 x GB-31	0.5368	5.4885

CUADRO 9. Efecto de la aptitud combinatoria específica (\hat{s}_{ij}) para las 55 cruzas, a partir de once progenitores de maíz y su rendimiento promedio en la localidad SAN JERONIMO. Guatemala 1985.

Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha	Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha
GB-01 x GB-13	0.2515	8.4395	43-46 ²⁻³⁻² x 43-68 ¹⁻¹⁻³	-0.2495	7.9052
GB-01 x GB-12	0.0659	7.7500	43-46 ²⁻³⁻² x GB-85 ¹⁻¹⁻³	-0.4373	6.9858
GB-01 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.0581	7.6261	43-46 ²⁻³⁻² x 22-100	0.4237	7.8581
GB-01 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.4859	8.5853	43-46 ²⁻³⁻² x 29-5	-0.3218	7.4422
GB-01 x GB-85	-2.9418	4.3408	43-46 ²⁻³⁻² x GB-27	0.6959	8.1587
GB-01 x 22-100	-0.2507	7.1296	43-46 ²⁻³⁻² x GB-29	-0.1940	7.5731
GB-01 x 29-5	1.0337	8.7423	43-46 ²⁻³⁻² x GB-31	-0.8795	6.5097
GB-01 x GB-27	0.3215	7.7500	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-85	0.5104	8.3731
GB-01 x GB-29	-0.0284	7.6849	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 22-100	-0.8984	7.0632
GB-01 x GB-31	0.9259	8.3484	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 29-5	0.1059	8.3943
GB-13 x GB-12	-1.3762	6.9783	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-27	-0.4862	7.5011
GB-13 x 43-46 ²⁻³⁻²	-0.6140	8.5531	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-29	0.2537	8.5415
GB-13 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.3937	9.1584	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-31	-0.1818	7.8214
GB-13 x GB-85	1.0359	8.9931	GB-85 ¹⁻¹⁻³ x 22-100	0.0537	7.2055
GB-13 x 22-100	0.4070	8.4565	GB-85 x 29-5	0.5581	8.0334
GB-13 x 29-5	-0.2084	8.1710	GB-85 x GB-27	0.7659	7.9436
GB-13 x GB-27	-0.7707	7.3105	GB-85 x GB-29	1.0859	8.5588
GB-13 x GB-29	-0.0307	8.3530	GB-85 x GB-31	-0.4896	6.6977
GB-13 x GB-31	-0.0662	8.0263	22-100 x 29-5	0.0192	7.5946
GB-12 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.4504	8.1878	22-100 x GB-27	-0.7829	6.4879
GB-12 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.0230	8.2689	22-100 x GB-29	0.0570	7.6260
GB-12 x GB-85 ¹⁻¹⁻³	-0.2895	7.1562	22-100 x GB-31	0.1615	7.4478
GB-12 x 22-100	0.7515	8.2954	29-5 x GB-27	-0.0084	7.5949
GB-12 x 29-5	-0.4740	7.3973	29-5 x GB-29	-0.7584	7.1381
GB-12 x GB-27	0.2937	7.8712	29-5 x GB-31	-0.0040	7.6125
GB-12 x GB-29	0.3537	8.2275	GB-27 x GB-29	-0.6107	6.9934
GB-12 x GB-31	0.1581	7.7500	GB-27 x GB-31	0.5037	7.8234
			GB-29 x GB-31	-0.1862	7.4282

CUADRO 10. Efecto de la aptitud combinatoria específica (\hat{s}_{ij}) para las 55 cruzas, a partir de once progenitores de maíz y su rendimiento promedio en las cuatro localidades. Guatemala 1985

Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha	Cruza	\hat{s}_{ij}	Rend. \bar{x} TM/ha
GB-01 x GB-13	-0.1345	5.4413	43-46 x 43-68	-0.4766	5.4611
GB-01 x GB-12	0.3632	5.6500	43-46 ²⁻³⁻² x GB-85 ¹⁻¹⁻³	0.0811	5.3463
GB-01 x 43-46 ²⁻³⁻²	-0.0696	4.9686	43-46 ²⁻³⁻² x 22-100	0.3197	5.7548
GB-01 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.1221	5.7500	43-46 ²⁻³⁻² x 29-5	-0.2945	5.1154
GB-01 x GB-85	-2.0525	2.9035	43-46 ²⁻³⁻² x GB-27	0.3242	5.8468
GB-01 x 22-100	-0.0839	5.0407	43-46 ²⁻³⁻² x GB-29	-0.2112	5.3861
GB-01 x 29-5	0.4990	5.5984	43-46 ²⁻³⁻² x GB-31	-0.4068	5.0738
GB-01 x GB-27	0.4354	5.6500	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-85	0.3965	6.2478
GB-01 x GB-29	0.1224	5.4076	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 22-100	-0.1973	5.8227
GB-01 x GB-31	0.7343	5.9004	43-68 ¹⁻¹⁻³ x 29-5	0.0206	6.0152
GB-13 x GB-12	-0.3616	5.5254	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-27	-0.3679	5.7389
GB-13 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.3129	6.4321	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-29	0.2315	6.4137
GB-13 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.2533	6.7259	43-68 ¹⁻¹⁻³ x GB-31	-0.2240	5.8406
GB-13 x GB-85	0.6360	6.4408	GB-85 x 22-100	0.3233	5.6258
GB-13 x 22-100	0.0797	6.0478	GB-85 x 29-5	0.1629	5.4825
GB-13 x 29-5	0.1727	6.1138	GB-85 x GB-27	0.3248	5.7635
GB-13 x GB-27	-0.6508	5.4068	GB-85 x GB-29	0.1392	5.6484
GB-13 x GB-29	-0.0539	6.0781	GB-85 x GB-31	-0.0937	5.2974
GB-13 x GB-31	-0.2994	5.7132	22-100 x 29-5	-0.0729	5.4190
GB-12 x 43-46 ²⁻³⁻²	0.1319	5.7336	22-100 x GB-27	-0.1110	5.4455
GB-12 x 43-68 ¹⁻¹⁻³	0.1835	6.3662	22-100 x GB-29	-0.0766	5.5530
GB-12 x GB-85	0.0751	5.5897	22-100 x GB-31	-0.3001	5.2619
GB-12 x 22-100	0.2087	5.8940	29-5 x GB-27	-0.0834	5.4976
GB-12 x 29-5	-0.5132	5.1430	29-5 x GB-29	-0.0954	5.5563
GB-12 x GB-27	0.1706	5.9427	29-5 x GB-31	0.1479	5.6845
GB-12 x GB-29	0.0051	5.8498	GB-27 x GB-29	-0.2926	5.4754
GB-12 x GB-31	-0.0754	5.6500	GB-27 x GB-31	0.2342	5.8847
			GB-29 x GB-31	0.2212	5.9456

VI.3 ANALISIS DIALELICO

VI.3.1 Análisis dialélico por localidad

En cada una de las localidades se observa una alta significancia para tratamientos (cruzas), por lo que cada una de las cruzas se comportaron de diferente manera, lo cual indica que existe una diferencia notable en el genotipo de cada uno de los progenitores. (Cuadros 11 y 12).

Puede observarse además, que el diseño escogido sí se adaptó a las condiciones del experimento, ya que a excepción de la localidad Cuyuta, en todas se observó una alta significancia entre bloques.

En cuanto a la aptitud combinatoria general (ACG) hubo diferencia altamente significativa para las localidades de Quesada y Cuyuta, por tanto, los progenitores cuando se cruzaron con el resto, mostraron un diferente comportamiento en su capacidad combinatoria general, siendo a la inversa para las localidades La Máquina y San Jerónimo.

CUADRO 11. Análisis dialéxico localidades QUESADA y JUTIAPA, para la variable rendimiento en TM/ha. Guatemala 1985

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Prueba F
<u>QUESADA</u>				
Repetición	003	037.6866	12.5622	**
Cruzas	054	094.0657	01.7419	**
ACG	010	063.1004	06.3100	**
ACE	044	30.9653	00.7037	**
Error	162	34.7100	00.21426	
Total	219	166.4624		
<u>CUYUTA</u>				
Repetición	003	000.8605	00.2868	N.S.
Cruzas	054	084.4887	01.5646	**
ACG	010	035.4018	03.5402	**
ACE	044	049.0869	01.1156	**
Error	162	040.9675	00.2529	
Total	219	126.3168		

Coefficiente de variación Quesada = 8.60%

Coefficiente de variación Cuyuta = 10.58%

G.L.=Grados de Libertad

S.C.= Suma de cuadrados

C.M.= Cuadrados medios

N.S.= No significativa ($p \leq 0.01$)

** = Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

CUADRO 12. Análisis dialélico localidad LA MAQUINA y San JERONIMO, para la variable rendimiento, en TM/ha. Guatemala 1985.

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Prueba F
<u>LA MAQUINA</u>				
Repetición	003	08.0333	2.6778	**
Cruzas	-54	89.2749	1.6532	**
ACG	010	26.4736	2.6474	N.S.
ACE	044	62.8013	1.4273	**
Error	162	75.5750	0.4665	
Total	219	172.8832		
<u>SAN JERONIMO</u>				
Repetición	003	023.2323	7.7441	**
Cruzas	054	124.1760	2.2995	**
ACG	010	27.9306	2.7930	N.S.
ACE	044	96.2454	2.1874	**
Error	162	76.8659	0.4744	
Total	219	224.2742		

Coefficiente de variación La Máquina = 14.44%

Coefficiente de variación San Jerónimo = 8.88%

G.L. = Grados de libertad

S.C. = Suma de cuadrados

C.M. = Cuadrados medios

N.S. = No significativa ($p \leq 0.01$)

** = Altamente significativa ($p \leq 0.01$)

La alta significancia en la aptitud combinatoria específica en las cuatro localidades nos indica que algunos progenitores cuando se cruzaron produjeron progenies que se comportaron mejor o peor que el valor que pudiera haber sido esperado, en base a la aptitud combinatoria general de sus padres.

Los experimentos en cada una de las localidades fueron bien manejados como nos lo indica el coeficiente de variación (C.V.) para cada uno de ellos, los cuales son inferiores al máximo permisible (20%).

VI.3.2 Análisis dialélico combinado

En el cuadro 13. puede observarse el análisis dialélico combinado para las cuatro localidades, para la variable rendimiento en toneladas por hectárea. Existe una diferencia altamente significativa entre las cuatro localidades, ya que entre ellas existen ambientes contrastantes (cuadro 1) y estos ambientes influyen de diferente manera, dependiendo de la localidad.

Los bloques también muestran una alta significancia, lo cual evidencia que el diseño seleccionado fue adecuado, dentro de cada localidad.

CUADRO 13. Análisis dialélico combinado para las cuatro localidades, variable rendimiento. Guatemala 1985

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Prueba F
Localidades	003	1367.50538	455.8351	**
Repeticiones d. localidad	012	0069.86773	005.8222	**
Cruzas	054	0221.54218	004.1026	**
ACG	010	0095.18279	009.5183	**
ACE	044	0126.35939	002.8718	**
Cruzas x loc	102	0403.86047	002.4929	**
ACG x loc	030	0057.72366	001.9241	N.S.
ACE x loc	132	0346.136810	002.6222	**
Error	648	0228.11849	0.352000	

Coefficiente de variación = 10.5008%

G.L. = Grados de libertad

S.C. = Suma de cuadrados

C.M. = Cuadrados medios

N.S. = No significativo ($p \leq 0.01$)

** = Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cada una de las localidades influyeron en la variación de la expresión del carácter rendimiento de las cruzas, puesto que sí existió una diferencia altamente significativa en la interacción cruzas por localidad.

Se observa una alta significancia para las cruzas, ello quiere decir que cada una de ellas se comportó de diferente manera dentro de cada localidad y entre localidades.

El experimento en general fue bien manejado, como lo indica el coeficiente de variación inferior a 20%.

En cuanto a la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), se observa que existe una alta significancia, por lo que su comportamiento en cuanto a capacidad combinatoria general no es igual, los 11 progenitores al cruzarse con el resto poseen diferentes promedios de rendimiento y algunos de ellos, cuando se cruzaron dieron origen a progenies mejor o peor que el valor que pudo esperarse en base a su aptitud combinatoria general.

La interacción ACG por localidad se mostró no significativa, ello se debió a que en dos de las localidades la ACG fue no significativa, lo cual no se manifestó

en la interacción ACE x localidad, ya que en todas las localidades hubo diferencia altamente significativa para ACE.

VI.3.3 Prueba de medias

En el cuadro 14 se presentan las medias ordenadas en forma decreciente, puede observarse que 22 de las 55 cruzas se comportaron de una forma igual en la localidad de Quesada, superando a las restantes, en Cuyuta son 18 las que superan al resto, en La Máquina 33 y en San Jerónimo 34 (Cuadros 15 al 17).

Puede observarse en el cuadro 18 la prueba de medias por el método de Duncan's para rendimiento de las 55 cruzas de la serie dialélica y puede observarse que seis de ellas se comportaron mejor que las demás:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. GB-13 x 43-68
⊗ 1-1-3 | 4. 43-68 x GB-29
⊗ 1-1-3 |
| 2. GB-13 x GB-85 | 5. GB-12 x 43-68
⊗ 1-1-3 |
| 3. GB-13 x 43-46
⊗ 2-3-2 | 6. 43-68 x GB-85
⊗ 1-1-3 |

Nótese que en ellas intervienen cuatro progenitores que tienen la aptitud combinatoria más alta 43-68, GB-13, GB-12 y GB-29.

CUADRO 14. Prueba de Duncan's para rendimiento en TM/ha de las 55 cruzas de la serie dialéctica en la localidad QUESADA. Guatemala 1985.

Cruza		Rendimiento Promedio		Cruza		Rendimiento Promedio	
GB-13	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	6.6830	A	43-46 ²⁻³⁻²	x 29-5	5.4659	BCDEFGHI
43-68 ¹⁻¹⁻³	x 22-100	6.6472	AB	43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-27	5.4000	CDEFGHIJ
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-29	6.4393	ABC	GB-01	x GB-12	5.3800	CDEFGHIJ
43-68 ¹⁻¹⁻³	x 29-5	6.2218	ABCD	GB-01	x GB-27	5.3800	CDEFGHIJ
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-85	6.0880	ABCDE	GB-12	x GB-31	5.3800	CDEFGHIJ
GB-12	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	6.0706	ABCDEF	29-5	x GB-27	5.3946	CDEFGHIJ
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-31	5.9211	ABCDEFG	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-29	5.3697	CDEFGHIJ
29-5	x GB-29	5.8944	ABCDEFGH	GB-12 ²⁻³⁻²	x GB-27	5.3536	CDEFGHIJ
29-5	x GB-31	5.8416	ABCDEFGH	GB-12	x 29-5	5.3116	CDEFGHIJ
GB-12	x GB-29	5.7809	ABCDEFGH	GB-13	x 43-46 ²⁻³⁻²	5.3113	CDEFGHIJ
GB-29	x GB-31	5.7646	ABCDEFGH	GB-01	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	5.3051	CDEFGHIJ
GB-13	x GB-85	5.7533	ABCDEFGH	22-100	x GB-31	5.2818	CDEFGHIJ
22-100	x GB-29	5.7326	ABCDEFGH	GB-27	x GB-29	5.2479	CDEFGHIJ
GB-85	x 29-5	5.7050	ABCDEFGH	GB-13	x 22-100	5.2344	DEFGHIJ
22-100	x 29-5	5.6721	ABCDEFGH	GB-13	x GB-12	5.2167	DEFGHIJ
43-46 ²⁻³⁻²	x GB-27	5.6399	ABCDEFGH	GB-12	x GB-85	5.1855	DEFGHIJ
GB-13	x 29-5	5.6268	ABCDEFGH	GB-13	x GB-27	5.1599	DEFGHIJ
GB-85	x 22-100	5.5985	ABCDEFGH	GB-13	x GB-31	5.0496	DEFGHIJ
GB-85	x GB-27	5.5695	ABCDEFGH	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-31	5.0146	EFGHIJK
GB-13	x GB-29	5.5246	ABCDEFGH	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-85	4.9913	EFGHIJK
GB-12	x 22-100	5.5045	ABCDEFGHI	GB-01	x GB-31	4.8887	FGHIJK
43-46 ²⁻³⁻²	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	5.5005	ABCDEFGHI	GB-12	x 43-46 ²⁻³⁻²	4.8379	GHIJK
22-100	x GB-27	5.4852	BCDEFGHI	GB-01	x GB-29	4.7853	HIJK
GB-27	x GB-31	5.4841	BCDEFGHI	GB-01	x 29-5	4.3242	IJKL
43-46 ²⁻³⁻²	x 22-100	5.4840	BCDEFGHI	GB-01	x 22-100	4.2346	JKL
GB-85	x GB-29	5.4829	BCDEFGHI	GB-01	x 43-46 ²⁻³⁻²	3.8932	KLM
GB-85	x GB-31	5.4774	BCDEFGHI	GB-01	x GB-13	3.4353	LM
				GB-01	x GB-85	3.0041	M

CUADRO 15. Prueba de Duncan's para rendimiento en TM/ha de las 55 cruzas de la serie dialélica en la localidad CUYUTA. Guatemala 1985

Cruza			Rendimiento Promedio	Cruza			Rendimiento Promedio		
GB-13	x	43-68 ¹⁻¹⁻³	6.0823	A	22-100	x	GB-27	4.7577	BCDEFGHI
GB-12	x	GB-27 ¹⁻¹⁻³	5.8374	AB	GB-01	x	GB-31	4.7472	BCDEFGHI
GB-12	x	43-68 ¹⁻¹⁻³	5.7230	ABC	43-46 ²⁻³⁻²	x	GB-29	4.7449	BCDEFGHI
GB-13	x	GB-85 ¹⁻¹⁻³	5.5717	ABCD	GB-12 ²⁻³⁻²	x	GB-29	4.7339	BCDEFGHI
GB-13	x	43-46 ²⁻³⁻²	5.4910	ABCDE	GB-13	x	GB-27	4.7104	BCDEFGHI
GB-13	x	22-100 ²⁻³⁻²	5.4653	ABCDE	43-68 ¹⁻¹⁻³	x	GB-31	4.6952	BCDEFGHI
GB-13	x	GB-29	5.4257	ABCDEF	GB-85	x	22-100	4.6347	CDEFGHI
GB-12	x	GB-85	5.3468	ABCDEFG	GB-27	x	GB-29	4.6211	CDEFGHI
GB-27	x	43-46 ²⁻³⁻²	5.2692	ABCDEFGH	29-5	x	GB-29	4.5688	CDEFGHI
GB-12	x	43-46 ²⁻³⁻²	5.1936	ABCDEFGH	GB-13	x	GB-31	4.5002	DEFGHI
43-68 ¹⁻¹⁻³	x	GB-27 ²⁻³⁻²	5.1060	ABCDEFGHI	22-100	x	GB-29	4.4729	DEFGHI
GB-01	x	GB-13	5.1039	ABCDEFGHI	43-46 ²⁻³⁻²	x	GB-85	4.4652	DEFGHI
GB-29	x	GB-31	5.1011	ABCDEFGHI	43-46 ²⁻³⁻²	x	43-68 ¹⁻¹⁻³	4.4610	DEFGHI
GB-12	x	22-100	5.0538	ABCDEFGHI	GB-01 ²⁻¹⁻²	x	GB-29 ¹⁻¹⁻³	4.4452	DEFGHI
GB-27	x	GB-31	5.0455	ABCDEFGHI	43-46 ²⁻³⁻²	x	GB-31	4.4023	EFGHI
43-46 ²⁻³⁻²	x	22-100	5.0295	ABCDEFGHI	22-100 ²⁻³⁻²	x	GB-31	4.3859	EFGHI
GB-85 ²⁻³⁻²	x	GB-29	4.9762	ABCDEFGHI	GB-01	x	22-100	4.3679	EFGHI
43-68 ¹⁻¹⁻³	x	GB-29	4.9549	ABCDEFGHI	GB-85	x	29-5	4.3543	EFGHI
GB-13 ¹⁻¹⁻³	x	GB-12	4.8903	BCDEFGHI	GB-01	x	43-46 ²⁻³⁻²	4.3416	EFGHI
43-68 ¹⁻¹⁻³	x	GB-85	4.8728	BCDEFGHI	29-5	x	GB-27 ²⁻³⁻²	4.3406	EFGHI
GB-85 ¹⁻¹⁻³	x	GB-27	4.8698	BCDEFGHI	43-68 ¹⁻¹⁻³	x	29-5	4.3103	FGHI
43-68 ¹⁻¹⁻³	x	22-100	4.8611	BCDEFGHI	GB-01 ¹⁻¹⁻³	x	43-68 ¹⁻¹⁻³	4.2905	FGHI
GB-13 ¹⁻¹⁻³	x	29-5	4.8396	BCDEFGHI	GB-12	x	29-5 ¹⁻¹⁻³	4.2081	GHI
GB-01	x	29-5	4.7623	BCDEFGHI	29-5	x	GB-31	4.2006	GHI
GB-01	x	GB-12	4.7500	BCDEFGHI	22-100	x	29-5	4.1711	HI
GB-01	x	GB-27	4.7500	BCDEFGHI	43-46 ²⁻³⁻²	x	29-5	4.0202	I
GB-12	x	GB-31	4.7500	BCDEFGHI	GB-85 ²⁻³⁻²	x	GB-31	3.9872	IJ
					GB-01	x	GB-85	1.6541	J

CUADRO 16. Prueba de Duncan's para rendimiento en TM/ha de las 55 cruzas de la serie dialélica en la localidad LA MAQUINA. Guatemala 1985

Cruza		Rendimiento Promedio		Cruza		Rendimiento Promedio	
GB-13	x 43-46	6.3734	A	GB-12	x GB-31	4.7300	ABCDEFGG
GB-13	x 29-5	5.8178	AB	GB-12	x 22-100	4.7225	ABCDEFGG
43-68	x GB-29	5.7190	AB	43-68	x 22-100	4.7192	ABCDEFGG
43-68	x GB-85	5.6566	ABC	GB-01	x GB-29	4.7150	ABCDEFGG
GB-01	x GB-31	5.6173	ABCD	GB-12	x 43-46	4.7145	ABCDEFGG
GB-29	x GB-31	5.4885	ABCDE	GB-12	x GB-27	4.7085	ABCDEFGG
GB-13	x GB-85	5.4451	ABCDE	GB-85	x GB-27	4.6712	BCDEFG
GB-12	x 43-68	5.4023	ABCDE	GB-12	x GB-85	4.6700	BCDEFG
GB-13	x GB-31	5.2766	ABCDEF	29-5	x GB-27	4.6602	BCDEFG
GB-27	x GB-31	5.1860	ABCDEFGG	GB-12	x GB-29	4.6570	BCDEFG
43-68	x 29-5	5.1343	ABCDEFGG	43-46	x 22-100	4.6475	BCDEFG
29-5	x GB-31	5.0836	ABCDEFGG	29-5	x GB-29	4.6242	BCDEFG
GB-85	x 22-100	5.0647	ABCDEFGG	GB-01	x 29-5	4.5648	BCDEFG
22-100	x GB-27	5.0512	ABCDEFGG	GB-13	x GB-27	4.4462	BCDEFG
GB-27	x GB-29	5.0391	ABCDEFGG	GB-01	x 22-100	4.4306	BCDEFG
GB-13	x 22-100	5.0351	ABCDEFGG	22-100	x GB-29	4.3804	BCDEFG
GB-85	x GB-31	5.0271	ABCDEFGG	43-46	x GB-27	4.3156	BCDEFG
GB-13	x GB-12	5.0161	ABCDEFGG	43-46	x GB-31	4.2784	BCDEFG
GB-13	x GB-29	5.0090	ABCDEFGG	22-100	x 29-5	4.2382	BCDEFGH
GB-13	x 43-68	4.9799	ABCDEFGG	GB-01	x 43-46	4.0136	CDEFGH
43-68	x GB-27	4.9479	ABCDEFGG	43-46	x 43-68	3.9320	CDEFGH
43-68	x GB-85	4.9418	ABCDEFGG	22-100	x GB-31	3.9320	DEFGH
43-68	x GB-31	4.9247	ABCDEFGG	43-46	x GB-29	3.8565	EFGH
GB-01	x 43-68	4.8190	ABCDEFGG	GB-85	x 29-5	3.8373	EFGH
GB-01	x GB-13	4.7884	ABCDEFGG	GB-12	x 29-5	3.6548	FGH
GB-01	x GB-12	4.7300	ABCDEFGG	GB-85	x GB-29	3.5751	GH
GB-01	x GB-27	4.7300	ABCDEFGG	43-46	x 29-5	3.6333	GH
				GB-01	x GB-85	2.6151	H

CUADRO 17. Prueba de Duncan's para rendimiento en TM/ha de las 55 cruces de la serie dialélica en la localidad SAN JERONIMO. Guatemala 1985

Cruza		Rendimiento Promedio		Cruza		Rendimiento Promedio	
GB-13	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	9.1584	A	GB-01	x GB-27	7.7500	ABCDEFGH I
GB-13	x GB-85	8.9931	AB	GB-12	x GB-31	7.7500	ABCDEFGH I
GB-85	x GB-27	8.7423	ABC	GB-01	x GB-29	7.6849	ABCDEFGH I
GB-01	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	8.5853	ABCD	GB-01	x 43-46 ²⁻³⁻²	7.6261	ABCDEFGH I
GB-85	x GB-29	8.5588	ABCD	22-100	x GB-29 ²⁻³⁻²	7.6260	ABCDEFGH I
GB-13	x GB-12	8.5531	ABCD	29-5	x GB-31	7.6125	ABCDEFGH I
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-29	8.5415	ABCDE	29-5	x GB-29	7.5949	BCDEFGH I
GB-13	x 22-100	8.4565	ABCDEF	22-100	x 29-5	7.5946	BCDEFGH I
GB-01	x GB-13	8.4395	ABCDEF	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-29	7.5731	BCDEFGH I
43-68 ¹⁻¹⁻³	x 29-5	8.3943	ABCDEF	43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-27	7.5011	BCDEFGH I
GB-13	x GB-29	8.3530	ABCDEF	22-100	x GB-31	7.4478	BCDEFGH I
GB-01	x GB-31	8.3484	ABCDEF	43-46 ²⁻³⁻²	x 29-5	7.4422	BCDEFGH I
GB-12	x 22-100	8.2954	ABCDEF	GB-29	x GB-31	7.4282	CDEFGH I
GB-12	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	8.2689	ABCDEF	GB-12	x 29-5	7.3973	CDEFGH I
GB-12	x GB-29 ¹⁻¹⁻³	8.2275	ABCDEFG	GB-13	x GB-27	7.3105	CDEFGH I
GB-12	x 43-46 ²⁻³⁻²	8.1878	ABCDEFG	GB-85	x 22-100	7.2055	CDEFGH I
GB-13	x 29-5 ²⁻³⁻²	8.1710	ABCDEFG	GB-12	x GB-85	7.1562	DEFGH I
43-46 ²⁻³⁻²	x GB-27	8.1587	ABCDEFGH	29-5	x GB-29	7.1381	DEFGH I
GB-85	x 29-5	8.0334	ABCDEFGH I	GB-01	x 22-100	7.1296	DEFGH I
GB-13	x GB-31	8.0263	ABCDEFGH I	43-68 ¹⁻¹⁻³	x 22-100	7.0632	DEFGH I
GB-85	x GB-27	7.9436	ABCDEFGH I	GB-27	x GB-29	6.9934	EFGH I
43-46 ²⁻³⁻²	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	7.9052	ABCDEFGH I	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-85	6.9848	EFGH I
GB-12	x GB-27 ¹⁻¹⁻³	7.8712	ABCDEFGH I	GB-13	x GB-12	6.9783	FGH I
43-46 ²⁻³⁻²	x 22-100	7.8581	ABCDEFGH I	GB-85	x GB-31	6.6977	GH I
GB-27	x GB-31	7.8234	ABCDEFGH I	43-46 ¹⁻¹⁻³	x GB-31	6.5997	HI
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-31	7.8214	ABCDEFGH I	22-100	x GB-27	6.4879	IJ
GB-01	x GB-12	7.7500	ABCDEFGH I	GB-01	x GB-85	4.3408	J

CUADRO 18. Prueba de Duncan's para rendimiento en TM/ha de las 55 cruzas de la serie dialélica en las cuatro localidades. Guatemala 1985

Cruzas		Rendimiento Promedio		Cruzas		Rendimiento Promedio	
GB-13	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	6.7259	A	GB-01	x GB-27	5.6500	EFGHIJKLMNO
GB-13	x GB-85	6.4408	AB	GB-12	x GB-31	5.6500	EFGHIJKLMNO
GB-13	x 43-46 ²⁻³⁻²	6.4321	ABC	GB-85	x GB-29	5.6484	EFGHIJKLMNO
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-29	6.4137	ABCD	GB-85	x 22-100	5.6258	FGHIJKLMNO
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-12	6.3662	ABCD	GB-01	x 29-5	5.5984	FGHIJKLMNO
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-85	6.2478	ABCDE	GB-12	x GB-85	5.5897	FGHIJKLMNO
GB-13	x 29-5	6.1138	BCDEF	29-5	x GB-29	5.5563	FGHIJKLMNO
GB-13	x GB-29	6.0781	BCDEFG	22-100	x GB-29	5.5530	FGHIJKLMNO
GB-13	x 22-100	6.0478	BCDEFGH	GB-13	x GB-12	5.5254	FGHIJKLMNO
43-68 ¹⁻¹⁻³	x 29-5	6.0152	BCDEFGHI	29-5	x GB-27	5.4976	GHIJKLMNO
GB-29	x GB-31	5.9456	BCDEFGHIJ	GB-85	x 29-5	5.4825	GHIJKLMNO
GB-12	x GB-27	5.9427	BCDEFGHIJ	GB-27	x GB-29	5.4754	GHIJKLMNO
GB-01	x GB-31	5.9004	BCDEFGHIJK	43-46 ²⁻³⁻²	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	5.4611	HIJKLMNO
GB-12	x 22-100	5.8940	BCDEFGHIJK	22-100	x GB-27	5.4455	HIJKLMNOP
GB-27	x GB-31	5.8847	BCDEFGHIJK	GB-01	x GB-13	5.4413	HIJKLMNOP
GB-12	x GB-29	5.8498	BCDEFGHIJKL	22-100	x 29-5	5.4190	IJKLMNOP
43-46 ²⁻³⁻²	x GB-27	5.8468	BCDEFGHIJKL	GB-01	x GB-29	5.4076	IJKLMNOP
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-31	5.8406	CDEFGHIJKL	GB-13	x GB-27	5.4068	IJKLMNOP
43-68 ¹⁻¹⁻³	x 22-100	5.8227	DEFGHIJKL	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-29	5.3861	JKLMNOP
GB-85	x GB-27	5.7635	EFGHIJKL	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-85	5.3463	JKLMNOP
43-46 ²⁻³⁻²	x 22-100	5.7548	EFGHIJKL	GB-85	x GB-31	5.2974	KLMNOP
GB-01	x 43-68 ¹⁻¹⁻³	5.7500	EFGHIJKLM	22-100	x GB-31	5.2619	LMNOP
43-68 ¹⁻¹⁻³	x GB-27	5.7389	EFGHIJKLM	GB-12	x 29-5	5.1430	MNOP
GE-12	x 43-46 ²⁻³⁻²	5.7336	EFGHIJKLM	43-46 ²⁻³⁻²	x 29-5	5.1154	NOP
GB-13	x GB-31	5.7132	EFGHIJKLMN	43-46 ²⁻³⁻²	x GB-31	5.0738	OP
29-5	x GB-31	5.6845	EFGHIJKLMNO	GB-01	x 22-100	5.0407	OP
GB-01	x GB-12	5.6500	EFGHIJKLMNO	GB-01	x 43-46 ²⁻³⁻²	4.9686	P
				GB-01	x GB-85	2.9035	Q

VI.4 COMPONENTES DE LA VARIANZA

En el cuadro 19 se presentan los componentes de la varianza para aptitud combinatoria general y específica, tanto para cada una de las localidades como para todas en general; se observa que la aptitud combinatoria específica (\hat{S}_{ij}) supera a la aptitud combinatoria general (\hat{g}_i), se observa que existe una poca variabilidad para la ACG en las localidades de La Máquina y San Jerónimo, lo cual concuerda con lo encontrado en el análisis dialélico.

En el cuadro 20 se observan los componentes de la varianza genética: aditiva y no aditiva, siendo los valores similares al cuadro 19, ya que se calculan en base a ellos, la varianza no aditiva contribuye en más del 75% a la varianza genética total, siendo mayor en La Máquina y San Jerónimo.

La varianza fenotípica nos indica la variabilidad entre cada uno de los individuos, tal como se presenta en la realidad, en el cuadro 21 se presenta ésta y está compuesta por la varianza genética más la varianza ambiental (error).

CUADRO 19. Estimación de los componentes de varianza para ACG y ACE para cada localidad y del combinado de las cuatro localidades. Guatemala 1985

Localidades	\hat{g}_i	\hat{s}_{ij}
Quesada	0.155730	0.4894440
La Máquina	0.033891	0.2401970
San Jerónimo	0.016822	0.4282300
Cuyuta	0.067350	0.2156750
Combinado	0.051004	0.1574875

CUADRO 20. Componentes de la varianza genética: aditiva (σ^2_a), no aditiva (σ^2_d), y la genética total por localidad y en el combinado de las cuatro localidades. Guatemala 1985

Localidades	σ^2_a	σ^2_d	σ^2_G	σ^2_d / σ^2_G
Quesada	0.6229	1.9577	2.5806	75.86%
La Máquina	0.1355	0.9607	1.0963	87.64%
San Jerónimo	0.0672	1.7129	1.7802	96.22%
Cuyuta	0.2694	0.8627	1.1321	76.20%
Combinado	0.2040	0.6299	0.8339	75.54%

CUADRO 21. Componentes de la varianza fenotípica para cada localidad y el combinado de las cuatro localidades. Guatemala 1985

Localidades	σ^2_G	σ^2_E	σ^2_{GE}	σ^2_F
Quesada	2.5806	0.2142	-----	2.7949
La Máquina	1.0963	0.4665	-----	1.5628
San Jerónimo	1.7802	0.4744	-----	2.0373
Cuyuta	1.1321	0.2529	-----	1.3850
Combinado	0.8339	0.3520	2.4929	3.6788

VI.5 HEREDABILIDAD

En base al cuadro 22 puede fácilmente calcularse la heredabilidad, tanto en sentido amplio como estricto, se observa que la heredabilidad en sentido amplio para la variable rendimiento supera a la heredabilidad en sentido estricto, y ello se debe a que en la última es un índice que explica la heredabilidad basada en la varianza genética aditiva, y se observó en el cuadro 20 que la varianza genética total está compuesta por la aditiva y la no aditiva.

Con fines de mejoramiento es más importante la heredabilidad en sentido estricto, ya que es la que nos indica la transmisión a la progenie.

CUADRO 22. Estimaciones de heredabilidad en sentido (H^2) y estricto (h^2) para cada localidad y en el combinado de las cuatro localidades. Guatemala 1985

Localidad	H^2	h^2
Quesada	92.3340%	22.2874%
La Máquina	70.1501%	08.6738%
San Jerónimo	87.3799%	03.3027%
Cuyuta	81.7400%	19.4512%
Combinado	22.6691%	05.5456%

VI.6 PREDICCIÓN DE HÍBRIDOS DOBLES Y TRIPLES

En base a los rendimientos promedios para las cruzas de la serie dialélica se hicieron cálculos para predecir los mejores híbridos dobles y triples, teniendo como testigo el HB-83.

En el cuadro 23 se presentan los rendimientos de híbridos dobles predichos y que superaron al testigo, en total se presentan 10 ordenados en forma decreciente, nótese que los mejores necesitan para su formación de los progenitores GB-12, 43-68, 43-46, GB-13, GB-29 y GB-85.

CUADRO 23. Predicción de rendimiento de los diez mejores híbridos dobles que superaron al testigo (HB-83), en base a la evaluación de cruzas simples. Guatemala 1985

No.	Híbrido Doble		Rendimiento TM/ha
01	(43-68 _{⊗1-1-3} x 43-46 _{⊗2-3-2})	(GB-12 x GB-13)	6.3144
02	(43-68 _{⊗1-1-3} x GB-85)	(GB-29 x GB-13)	6.3072
03	(GB-29 x GB-85)	(43-68 _{⊗1-1-3} x GB-13)	6.2951
04	(GB-85 x 43-68 _{⊗1-1-3})	(GB-12 x GB-13)	6.2806
05	(GB-29 x 43-68 _{⊗1-1-3})	(GB-12 x GB-13)	6.2550
06	(GB-29 x GB-13)	(43-68 _{⊗1-1-3} x 43-46 _{⊗2-3-2})	6.2394
07	(GB-85 x 29-5)	(43-68 _{⊗1-1-3} x GB-13)	6.2044
08	(GB-29 x GB-13)	(29-5 x 43-68 _{⊗1-1-3})	6.2024
09	(GB-29 x GB-13)	(43-68 _{⊗1-1-3} x GB-31)	6.1996
10	(GB-85 x GB-13)	(43-68 _{⊗1-1-3} x 43-46 _{⊗2-3-2})	6.1880
11	HB-83 (PREDICHO)		5.6770

Estos progenitores presentan una alta aptitud combinatoria general (cuadro 5) y a la vez se presentaron como componentes de las mejores cruzas en la prueba de medias que se realizó (cuadro 18).

En el cuadro 24 se presentan los rendimientos predichos para los diez mejores híbridos triples que supe-

raron al testigo HB-83, que tiene un rendimiento predicho de 5.677 TM/ha.

En estos últimos, los rendimientos son más altos pues al observar el mejor híbrido doble y compararlo con el mejor híbrido triple, se observa una diferencia de 0.2689 toneladas por hectárea.

CUADRO 24. Predicción de rendimiento de los mejores diez híbridos triples que superaron al testigo HB-83, en base a la evaluación de cruzas simples. Guatemala 1985

No.	Híbrido Triple	Rendimiento TM/ha
01	(GB-85 x 43-68) GB-13 ⊗ 1-1-3	6.58335
02	(43-68 x 43-46) GB-13 ⊗ 1-1-3 ⊗ 2-3-2	6.57900
03	(GB-29 x GB-13) 43-68 ⊗ 1-1-3	6.56980
04	(GB-13 x GB-12) 43-68 ⊗ 1-1-3	6.54605
05	(GB-85 x GB-13) 43-68 ⊗ 1-1-3	6.48685
06	(GB-85 x 43-46) GB-13 ⊗ 2-3-2	6.43645
07	(29-5 x 43-68) GB-13 ⊗ 1-1-3	6.41985
08	(GB-29 x 43-68) GB-13 ⊗ 1-1-3	6.40200
09	(22-100 x 43-68) GB-13 ⊗ 1-1-3	6.38685
10	(29-5 x GB-13) 43-68 ⊗ 1-1-3	6.37055
11	HB-83 (PREDICHO)	5.67700

VII. CONCLUSIONES

- 1o. Se aceptan las hipótesis planteadas para el estudio.
- 2o. Algunas cruzas simples se comportaron relativamente en forma diferente en alguna de las localidades evaluadas, lo cual indica la importancia de la evaluación en más de un ambiente.
- 3o. El potencial de rendimiento de las nuevas combinaciones de líneas fue expresado al máximo bajo los ambientes más favorables (Jutiapa, San Jerónimo), en ese año, con rendimiento hasta de 9 toneladas/ha.
- 4o. Las líneas que mostraron mejor aptitud combinatoria general fueron: GB-13, 43-68₁₋₁₋₃ y GB-12, pues intervienen en 6 de las 10 cruzas simples con mayor potencial de rendimiento, lo cual indica estimaciones de aptitud combinatoria general altas.
- 5o. Existen varios híbridos dobles y triples estimados utilizando el rendimiento de las cruzas simples que superaron hasta en un 10% al testigo HB-83.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Producir semilla de los siguientes híbridos:

A. DOBLES:

1. (43-46_{⊗2-3-2} x 43-68_{⊗1-1-3}) (GB-12 x GB-13)
2. (GB-29 x GB-13) (GB-85 x 43-68_{⊗1-1-3})
3. (GB-29 x GB-85) (43-68_{⊗1-1-3} x GB-13)
4. (GB-85 x 43-68_{⊗1-1-3}) (GB-12 x GB-13)
5. (GB-29 x 43-68_{⊗1-1-3}) (GB-12 x GB-13)

B. TRIPLES

1. (GB-85 x 43-68_{⊗1-1-3}) GB-13
2. (43-68_{⊗1-1-3} x 43-46_{⊗2-3-2}) GB-13
3. (GB-13 x GB-29) 43-68_{⊗1-1-3}
4. (GB-13 x GB-12) 43-68_{⊗1-1-3}
5. (GB-85 x GB-13) 43-68_{⊗1-1-3}

2. Evaluar estos materiales en el campo para observar su rendimiento real y seleccionar él o los mejores híbridos dobles y/o triples.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R.W. Principio de la mejora genética de las plantas. Trad. de la 1a. ed. americana por José L. Montoya. 3a. ed. Barcelona, España, OMEGA, 1979. pp. 239, 304-328.
2. BRAUER, O.H. Fitogenética aplicada. México, Limusa, 1978. pp. 379-390.
3. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO. Manejo de ensayos e informe de datos para el Programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. México, 1985. 23 p.
4. DARDON, M.A. Aptitud combinatoria general y específica de 10 poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis M.C. México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 1980. pp. 4-6.
5. GONZALEZ, D.A. Tipo de acción génica del carácter altura de planta de cinco fuentes diferentes de maíz (Zea mays L.). Tesis M.C. México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 1980, 1980. pp. 8-13.
6. HALLAUER, A.R. & MIRANDA, J.B. Quantitative genetics in maize breeding, Iowa, U. S. A., Iowa, State University Press, 1981. pp. 354-356.
7. MARTÍNEZ GARZA, A. Diseño y análisis de los experimentos de cruzas dialélicas. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1975.
8. MELGAR, M.F. Experimentos parciales de cruzas dialélicas en diseños balanceados de bloques. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1979. 43 p.
9. POEY, F. et al. Conceptos teóricos que respaldan los programas de mejoramiento genético de maíz. Guatemala, ICTA, 1978. pp. 56-58, 73-75.

10. PRERA, J.E. Estabilidad del rendimiento y heterosis de cruzas simples y triples de maíz (Zea mays L.) y sus implicaciones en la producción de semilla comercial. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1980. 46 p.
11. QUÈME, J.L. Determinación de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento de seis progenitores de híbridos de maíz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1982. pp. 28, 42.
12. REYES, P. Diseño de experimentos aplicados. 2a ed. México, Trillas, 1980. 344 p.
13. VASAL, S.K. et al. Programa de manejo, mejoramiento y utilización del germoplasma de maíz en el CIMMYT. México, CIMMYT, 1983. 26 p.
14. VASQUEZ, R.A. Evaluación de cruzas dialélicas para la formación de una variedad sintética de maíz (Zea mays L.) con adaptación al valle de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 61 p.
15. VELASQUEZ, M.R. Formación de híbridos simples en base a familias de hermanos completos provenientes de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.) Tesis M.C. México, Colegio de Postgraduados, Chapingo, 1978. 79 p.



Vo.Bo.

APENDICE

DISEÑO IV DE GRIFFING EN BLOQUES COMPLETOS AL AZAR

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Esperanza Matemática de los Cuadrados Medios
Repetición	$r - 1$	$\sum_k \frac{2Y_{..k}^2}{p(p-1)} - \frac{2Y_{...}^2}{rp(p-1)}$	SC(Rep.)/G.L.(Rep.)	
Cruzas	$p \frac{(p-1)}{2} - 1$	$\sum_{ij} \frac{Y_{ij.}^2}{r} - \frac{2Y_{...}^2}{rp(p-1)}$	SC(cruzas)/G.L.(ACG)	
ACG	$p - 1$	$\sum_i \frac{G_i^2}{r(p-2)} - \frac{4Y_{...}^2}{rp(p-2)}$	SC(ACG)/G.L.(ACG)	$\sigma_e^2 + r\sigma_s^2 + r(p-2)\sigma_g^2$
ACE	$p \frac{(p-3)}{2}$	SC(cruzas) - SC(ACG)	SC(ACE)/G.L.(ACE)	$\sigma_e^2 + r\sigma_s^2$
Error	Por diferencia	Por diferencia	SC(error)/G.L.(error)	σ_e^2
TOTAL	$\frac{rp(p-1)}{2} - 1$	$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{Y_{ijk}^2}{2} - \frac{2Y_{...}^2}{rp(p-1)}$		

$$G_i = \sum_{i \neq j} Y_{ij.} = Y_{ij.}; \quad Y_{..k} = \sum_{i \leq j} Y_{ijk} = \text{Total del bloque } k.$$

ANALISIS DE VARIANZA DE UNA SERIE DE EXPERIMENTOS DIALELICOS SIN EFECTOS MATERNOS. MODELO IV DE GRIFFING

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	C.M.	Esperanzas Matemáticas de los I.M.
Localidades	a-1	$\sum_{k=1}^a \frac{2Y_{..k}^2}{rp(p-1)} - \frac{2Y_{...}^2}{arp(p-1)}$		
Rep. x Loc.	a(r-1)	$\sum_{k=1}^a \frac{2Y_{..k}^2}{p(p-1)} - \sum_{k=1}^a \frac{2Y_{..k}^2}{rp(p-1)}$		
Cruzas	$p \frac{(p-1)}{2} - 1$	$\sum_{ij} \frac{Y_{ij..}^2}{ar} - \frac{2Y_{...}^2}{arp(p-1)}$	CM(cruzas)	
ACG	p-1	$\sum_i \frac{Z_i^2}{ar(p-2)} - \frac{4Y_{...}^2}{arp(p-2)}$	CM(ACG)	$\sigma_e^2 + r\sigma_{sp}^2 + r(p-2)\sigma_{gp}^2 + ar\sigma_{s_i}^2 + ar(p-2)\sigma_{s_i}^2$
ACE	$p \frac{(p-1)}{2} - 1$	SC cruzas - SC ACE	CM(ACE)	$\sigma_e^2 + r\sigma_{sp}^2 + ar\sigma_s^2$
Cruzas x Loc.	$(a-1) / p \frac{(p-1)}{2} - 1/$	$\sum_{ijk} \frac{Y_{ijk}^2}{r} - \sum_{ij} \frac{Y_{ij..}^2}{ar} - \sum_k \frac{4Y_{..k}^2}{rp(p-1)} + \frac{2Y_{...}^2}{arp(p-1)}$	CM(C x L.)	$\sigma_e^2 + r\sigma_{at}^2$
ACG x Loc.	(a-1)(p-1)	$\sum_{k=1}^a SC(ACE)_k - SC(ACG)$	CM(ACGxL.)	$\sigma_e^2 + r\sigma_{sp}^2 + r(p-2)\sigma_{gp}^2$
ACE x Loc.	$(a-1)p / \frac{(p-1)}{2} - 1/$	SC(cruzas x Loc.) - SC(ACG x Loc.)	CM(ACExL.)	$\sigma_e^2 + r\sigma_{sp}^2$
Error	$a(r-1) / p \frac{(p-1)}{2} - 1/$	$\sum_{k=1}^a (\text{error})_k$	CM(error)	σ_e^2
TOTAL	$arp \frac{(p-1)}{2} - 1$	$\sum_{ijkl} Y_{ijkl} - \frac{2Y_{...}^2}{arp(p-1)}$		

L = Localidades; r = repeticiones; p = progenitores

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTANEDA S.

DECANO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA