

D.L.
01
TC343
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE CRUZAS DIALELICAS PARA LA FORMACION
DE UNA VARIEDAD SINTETICA DE MAIZ (Zea mays L.)
CON ADAPTACION AL VALLE DE CHIMALTENANGO

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la
FACULTAD DE AGRONOMIA
de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

RAMON ADOLFO VASQUEZ MEJIA

Al conferírsele el título de
INGENIERO AGRONOMO
En el grado académico de
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, abril 1984

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Dr. Eduardo Meyer

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano :	Ing. Agr. César Castañeda
Vocal 1o. :	Ing. Agr. Oscar R. Leiva Ruano
Vocal 2o. :	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez G.
Vocal 3o. :	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
Vocal 4o. :	Prof. Heber Arana
Vocal 5o. :	Prof. Leonel Arturo Gómez
Secretario:	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez Palma

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano :	Ing. Agr. César Castañeda
Examinador:	Ing. Agr. Alvaro Hernández
Examinador:	Ing. Agr. Mynor Estrada
Examinador:	Ing. Agr. Alberto Castañeda
Secretario :	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez Palma

Guatemala, 13 de marzo de 1984

Ing. Agr. César Castañeda
Decano, Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Guatemala.

Señor Decano:

Atentamente, por este medio comunico a usted, que con base a la designación que me hiciera la Decanatura a su digno cargo para dar asesoría al estudiante, Ramón Adolfo Vásquez Mejía con carnet No. 78-05235 en su trabajo de tesis Títulado "Evaluación de cruza dialélicas para la formación de una variedad sintética de maíz (Zea mays L.) con adaptación al valle de Chimaltenango."

Habiendo efectuado la asesoría y revisión correspondiente, considero que el presente trabajo llena satisfactoria mente los requisitos de una tesis de grado requeridos por la Universidad de San Carlos, para su publicación.

Sin otro particular, quedo de usted.

Deferentemente,



Ing. Agr. M.Sc. Rubén Ponciano del Cid
Instituto de Ciencia y Tecnología
Agrícolas (I.C.T.A.)

Av. Reforma 8-60, Zona 9, Ciudad.

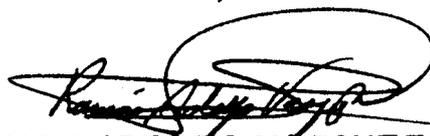
Guatemala, abril 1984

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala, Guatemala

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos, os presento el trabajo de tesis titulado: "Evaluación de Cruzas Dialélicas para la formación de una Variedad Sintética de Maíz (Zea mays L.), con Adaptación al valle de Chimaltenango".

Como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Deferentemente,



RAMON ADOLFO VASQUEZ MEJIA

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Secundino Vásquez Mejía (QEPD)
Fidelina F. Mejía v. de Vásquez

Con cariño y gratitud a sus esfuerzos y comprensión

A MIS HERMANOS

Alejandra, Lorenza, Martín,
Jorge, Juan y Julio

Con aprecio

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA

Por el aporte de valiosos conocimientos técnico-científicos para el desarrollo de la agricultura nacional.

A LOS ESTABLECIMIENTOS
EDUCATIVOS DONDE CURSE
ESTUDIOS

Que integraron la base de mi profesión actual.

A MIS MAESTROS Y
CATEDRATICOS

Que transmitieron los sabios conocimientos para mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A:
- Strs. "Carmelitas", Oklahoma, U.S.A.
 - Bienestar Estudiantil, Ministerio de Educación
 - Dirección de Enseñanza y Capacitación Agrícolas (DECA), DIGESA; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

Por haberme otorgado becas que facultaron la realización de mis estudios en los niveles educativos de primaria, secundaria y superior

Al Ing. Agr. M. Sc. Rubén Ponciano del Cid

Por su asesoría brindada en el desarrollo del presente trabajo de tesis

Al Programa de Maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Por el suministro de los elementos básicos en la ejecución de los trabajos de campo de este estudio

A los señores y señoras

Str. Josselita T. Hallen
Prof. Udine Cifuentes Calderón
Licda. Olga Valenzuela
Alfredo Polanco
Berta Maldonado
Carmen Signor

Colaboradores especiales en la realización de mis estudios

A mis ex-compañeros

Saúl Oswaldo Vásquez y Hugo Tujab Medina

Por sus finos recuerdos

RESUMEN

En el altiplano central de Guatemala, y específicamente en el valle de Chimaltenango, los agricultores en su mayoría se dedican a la agricultura de subsistencia, siendo su principal cultivo el maíz.

El presente estudio está encaminado a proporcionar una alternativa para el mejoramiento del rendimiento del maíz. Para ello se fijaron los siguientes objetivos: a. Evaluar la posibilidad de desarrollar variedades sintéticas de maíz o híbridos varietales con características agronómicas y rendimientos superiores a las variedades de polinización libre desarrolladas en la región por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA; b. Determinar la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de las variedades en estudio.

Se ensayaron 28 cruzas dialélicas integradas por 8 variedades progenitoras de polinización libre (D.M., B-71, V-301, V-302, V-304, Chanín, S.A., Sutuj), en 5 localidades (Sumpango, El Tejar, Parramos, Chimaltenango, Zaragoza) en el año 1982.

Los resultados de campo de las cruzas dialélicas fueron analizados bajo los conceptos estadísticos del diseño IV de Griffing, en el que se ensayan $n(n-1)/2$ combinaciones, siendo "n" el número de progenitores incluidos.

Efectuado el análisis dialélico combinado correspondiente se determinó la diferencia significativa en la manifestación de la aptitud combinatoria general, esto significa que los 8 progenitores involucrados, cuando se cruzaron con el resto mostraron en promedio diferente comportamiento en su capacidad combinatoria general. Aceptando de esta manera la primera parte de la segunda hipótesis planteada. En tanto que, en la expresión de la aptitud combinatoria específica, no se registraron diferencias significativas; por lo tanto, se rechaza la segunda parte de la misma hipótesis.

La significancia de la aptitud combinatoria general acepta la afirmación de la primera hipótesis de este trabajo, la que señala "Existe la alternativa de formar una variedad sintética de maíz con carácter de rendimiento superior a partir de las variedades en estudio"; pero no existe la posibilidad de formar híbridos varietales, dada la no significancia de la aptitud combinatoria específica.

En el análisis combinado de los componentes de variación se determinó la supremacía de la varianza genética aditiva (σ_a^2) sobre la varianza genética no aditiva (σ_d^2), y el índice de la heredabilidad en sentido estricto demuestra que el 55% de los valores genotípicos observados es transmitido a la progenie. Esto significa que es factible el mejoramiento del rendimiento del maíz en el valle de Chimaltenango.

Es recomendable iniciar ensayos para la formación de una variedad sintética de maíz, utilizando las variedades: V-301, V-302, Sutuj, V-304 y B-71, siendo éstas, las que demostraron mayor índice de aptitud combinatoria general en el presente estudio.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
V. MATERIALES Y METODOS	12
VI. RESULTADOS Y SU INTERPRETACION	29
VII. CONCLUSIONES	58
VIII. RECOMENDACIONES	59
IX. LITERATURA CITADA	60

I. INTRODUCCION

El maíz constituye el producto agrícola de mayor consumo en la dieta de la población guatemalteca. La producción maicera nacional en los últimos años no ha satisfecho a plenitud la demanda de consumo interno que se calculó entre 20 a 22 millones de quintales para el año 1982. La tecnología local encaminada hacia el incremento de esta producción tiene grandes limitaciones para concretar su objetivo, sin embargo, a pesar de los obstáculos técnicos, sociales, culturales y económicos, se están dando pasos positivos con el fin de elevar la productividad del cultivo en el país.

En el valle de Chimaltenango, como en otras regiones del altiplano del país, los agricultores del área en su mayoría están dedicados básicamente a la agricultura de subsistencia, centrándose la principal actividad en el cultivo de maíz en asociación con cultivos de frijol y haba (sistema milpa). Este sistema ha sido determinado por el régimen de subsistencia imperante en la zona. Las variedades de maíz utilizadas por los agricultores son criollas, de excesiva altura, rendimientos inestables y reducida adaptación geográfica.

Los programas actuales de mejoramiento de maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, para el área en cuestión, están encaminados al mejoramiento de variedades criollas adaptadas en el lugar, a través del uso de métodos de selección familiar recurrente. Así se han desarrollado variedades de polinización libre con caracteres de rendimiento y agronómicos deseables; aunque los problemas con que tropiezan el éxito de estos trabajos son de diversa índole, de alguna forma constituirán una de las soluciones más importantes al problema de la baja productividad.

Si bien actualmente están impulsándose el uso de variedades mejoradas a partir de variedades criollas, surge la inquietud de buscar al-

ternativas de mejorar rendimiento. Considerando que el Altiplano Central, un área cuya fisiografía posee variaciones en sus características climáticas, que no permiten la formación de líneas puras para la formación de híbridos de maíz o variedades sintéticas a partir de líneas puras. Se plantea la posibilidad de formar una variedad sintética varietal o híbrido varietal con adaptabilidad al valle de Chimaltenango, haciendo uso de procedimientos técnicos diseñados para el mejoramiento de maíz.

Una variedad sintética, es la variedad producida cruzando entre sí un número de genotipos seleccionados por buena aptitud combinatoria en todas las combinaciones híbridas posibles, con subsiguiente conservación de la variedad por polinización abierta. Esta variedad supera en rendimiento a variedades de polinización abierta y tiene la ventaja sobre los híbridos simples o dobles porque el agricultor conserva la semilla de su cosecha y no precisa la producción de cruzamientos anuales (1).

II. OBJETIVOS

- a. Evaluar la posibilidad de desarrollar variedades sintéticas de maíz o híbridos varietales con características agronómicas y de rendimiento superior a las variedades de polinización libre desarrolladas en la región.
- b. Determinar la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de las variedades en estudio.

III. HIPOTESIS

- a. Existe la alternativa de formar una variedad sintética de maíz o un híbrido varietal con carácter de rendimiento superior a partir de las variedades en estudio.
- b. Todas las variedades progenitoras que integraron las cruzas dialélicas no tienen la misma aptitud combinatoria general (ACG) ni la misma aptitud combinatoria específica (ACE).

IV. REVISION DE LITERATURA

La evaluación y selección de líneas en un programa de mejoramiento no está determinada únicamente por un aspecto fenotípico, sino también por su comportamiento en combinaciones híbridas, ya sea en top-crosses o en cruzas simples, es decir, en su aptitud combinatoria general y específica (12).

La aptitud combinatoria general determina el comportamiento promedio de una línea endogámica, familia o población objeto de estudio en una serie de cruzas en la cual intervino. Por otra parte, la aptitud combinatoria específica mide el comportamiento de combinaciones específicas de cualesquiera de los materiales mencionados (1, 10).

De acuerdo con los caracteres de aptitud combinatoria de los materiales genéticos, se ha demostrado que algunas líneas u otros materiales, se combinan bien con un gran número de otras líneas o materiales para producir progenies híbridas de alta producción; otras, solamente se combinan en forma satisfactoria con unas cuantas líneas o con ninguna (9).

La aptitud combinatoria específica cobra importancia por cuanto nos señala las líneas o materiales que formarán después los híbridos comerciales, y se basa en el principio de Hull en el sentido de que es precisamente la combinación heterocigótica Aa la que es superior a AA y también a aa (véase Heterosis, página 10). La aptitud combinatoria general podrá indicarnos las líneas o materiales que formarán una variedad sintética (2).

Con relación al número de cruzas posibles que pueden efectuarse con un determinado número de materiales genéticos, el número de cruzas simples posibles está dado por la fórmula $CS = n(n-1)/2$, donde "n" es el número de materiales que intervienen. Las cruzas simples re-

sultantes se ensayan en un diseño apropiado de acuerdo con los recursos y materiales disponibles (10).

Allard (1), hace referencia en cuanto a la utilización de poblaciones sin autofecundación para evaluar su aptitud combinatoria, al respecto dice que, la variabilidad de la aptitud combinatoria es menor en las poblaciones seleccionadas que en la de polinización libre, de la que aquellas se derivan; esta reducción de la variabilidad se puede deber bien a la efectividad de la selección en el cambio de las frecuencias de los genes del rendimiento, a la consanguinidad o a la combinación de estos dos factores.

Johnson y Hayes (12), hicieron uso de los mestizos o top-crosses para predecir la habilidad combinatoria de cruzas simples, concluyendo en el experimento que el mestizo es una prueba rápida y efectiva para evaluar preliminarmente las líneas, desde entonces este método ha sido adaptado; las líneas que sobreviven en esta prueba son luego sometidas al método de cruzas simples. Si bien esto es uno de los métodos más comunes y sencillos, la aptitud combinatoria de las cruzas simples pueden ser evaluadas en su aptitud combinatoria general y específica simultáneamente por medio del método de cruzas dialélicas.

Del Valle (13), describe que, se hicieron distintos cruces entre variedades combinando las menos afines y de zonas más distintas; se tomó de base el principio de que mientras más desigual sean las variedades en su constitución genética, mayor sería la producción al cruzarlas, ya que habría una mayor acumulación de caracteres favorables para el rendimiento. Los resultados que se obtuvieron de unas 11 cruzas de variedades, 7 de estos rindieron más que el testigo, el mayor aumento sobre el testigo fue de 25%. Las cruzas presentaron también menor porcentaje de acame y mazorcas podridas.

En la actualidad, la mayoría de los programas de mejoramiento de maíz hacen uso de la heterosis presente en poblaciones, familias o

líneas endogámicas para formar combinaciones híbridas con alto rendimiento y estabilidad. La heterosis puede surgir de los diferentes tipos de dominancia parcial, dominancia completa, sobredominancia, o combinaciones de éstas (5).

En base a experiencias del ICTA en el Oriente del país (5), evaluando la aptitud combinatoria específica de 100 cruzas dialélicas de grano blanco en Zacapa, sobresalieron las cruzas (22-100 x 29-5) x GB-1 con rendimiento de 5011 kg/ha y (21-134 x 36-245) x GB-1 con 5100 kg/ha, estas mismas cruzas sobresalieron en el análisis combinado de 4 localidades. En otros 100 cruzamientos de grano amarillo sobresalió la cruza (26-49 x 36-245) x GA-1, la cual ocupó el primer lugar con rendimientos de 5183 y 5124 kg/ha en Zacapa y Cristina, respectivamente. Similarmente, en otro experimento, era notable el comportamiento promedio (aptitud combinatoria general) de la cruza (26-49 x 36-246) x GA-3, la cual rindió 5779 kg/ha, promedio de 5 localidades con 4 repeticiones cada una, superando con 1200 kg/ha al testigo X-5800 de Pioneer y otras características agronómicas superiores de planta y mazorca.

En ensayos realizados por la misma institución en San Jerónimo, Baja Verapaz, se estableció que las mejores cruzas 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 cruza simple (29-46 x 43-46) como progenitor femenino del híbrido HB-33, dado que esta cruza rindió igual que este último. Las 10 cruzas simples identificadas ofrecen alternativas en la producción de híbridos para los agricultores (6).

Allard (1), cita a Hayes, Tinke y Tsiang, quienes en Estados Unidos de América estudiaron todos los híbridos simples $n(n-1)/2$ entre 20 líneas puras e hicieron una variedad sintética con las 8 líneas puras que se habían comportado mejor en los híbridos simples, se sembra-

ron en una parcela aislada y se recolectó la semilla sin selección alguna por tipo de mazorca o planta. En los resultados finales obtuvieron que el rendimiento de la variedad sintética no llegó a igualar al de un híbrido doble, pero resultó claramente superior a una variedad típica de polinización libre. Los autores señalaron la importancia de estudiar la aptitud combinatoria del material seleccionado utilizado en la producción de una variedad sintética.

La probabilidad de producir variedades sintéticas con líneas autofecundadas en generaciones muy tempranas fue sugerida por Jenkins en 1940; la idea se basó en la observación anterior (1935), de que la buena aptitud combinatoria puede identificarse en la S_0 por medio de mestizos y, como el comportamiento de la línea en los mestizos es relativamente estable después de las generaciones S_1 , no se adelantaría mucho prolongando las autofecundaciones cuando el objetivo es la obtención de una variedad sintética (1).

De los pasos esbozados por Jenkins para obtener una variedad sintética fue continuada por Lonquist y McGill, quienes también demostraron que la variedad sintética fue superior en todos los casos a la variedad progenitora de polinización libre de la que procedía, además de que fueron más resistentes al acame. También compararon datos de variedades sintéticas con 28 híbridos dobles comerciales, algunos de los híbridos tuvieron rendimientos más altos que la variedad sintética Dawes, pero la diferencia no fue significativa en rendimiento ni en precocidad (1).

El elevado costo de la semilla híbrida con respecto a la producción y falta de híbridos que sean superiores año tras año se ha combinado para que muchos agricultores sigan cultivando variedades de polinización libre, por lo que los sintéticos tienen probabilidades de éxito (1).

Respecto al comportamiento en generaciones posteriores de las variedades sintéticas, Lonquist y McGill determinaron que en 4 varie-

dades sintéticas estudiadas, no sólo mantuvieron sus caracteres de rendimiento, sino puede producirse mejoras para dicho carácter con ayuda de la selección visual de las mejores plantas. Estos autores afirman que este método produce una rápida mejora de las variedades de maíz y puede utilizarse en zonas donde la obtención, producción y distribución de híbridos no es factible, o cuando se precisa algún método sustitutivo durante la obtención de maíces híbridos (1).

Brauer (2), cita un caso de resistencia a sequía de una variedad sintética en México. Utilizando el método de castigos a marchitez permanente y selección masal en dos variedades, se formaron de cada uno de ellos dos sintéticos, constituidos por el 5 y 10% de plantas de la población total, que soportaron el tratamiento de marchitez por más tiempo. Estos sintéticos y los compuestos originales fueron sometidos a tratamiento de riego y sequía en 4 regiones; los resultados obtenidos, aunque los rendimientos son muy bajos debido a la falta de adaptación del material a los lugares donde se probó, la tendencia mostrada es clara en el sentido de haberse obtenido un rendimiento mayor, en condiciones de sequía, con los sintéticos formados en base a las selecciones hechas por marchitez permanente, mientras que en condiciones de riego, no hay diferencia apreciable entre la variedad original y sus sintéticos seleccionados.

En 1964 se describió y se corroboró en 1965 que los materiales clasificados como tolerantes o con algo de resistencia a sequía, han mostrado también mayor tolerancia a las heladas (2).

Es generalizada la idea de que las variedades sintéticas sólo pueden formarse con líneas puras, pero en realidad, los genotipos que se hibridan para producir una variedad sintética pueden ser además de líneas, clones o poblaciones, en las que se ha realizado selección masal, u otros materiales (1).

Brauer (2), enfatiza que en la formación de variedades sintéticas, es de suma importancia llevar a cabo las pruebas de aptitud combinatoria para seleccionar los materiales genéticos que deben formar el

sinético, de lo contrario sería muy difícil que los sintéticos a obtener sean superiores a las variedades de polinización libre.

Las cruzas dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de la variación entre los rendimientos de las propias cruzas, así como su capacidad productiva. Se llama experimentos dialélicos a aquellos experimentos que ensayan un cierto conjunto de cruzas dialélicas (8).

El análisis genético de las cruzas dialélicas se plantearon desde tres puntos de vista, según el material propuesto para investigación, el mecanismo genético fundamental considerado y en los métodos de investigación. El primer punto de vista era considerado como modelo fijo por algunos autores, el segundo punto de vista está relacionado con los modelos estadísticos y genéticos de la acción génica, Griffing hace énfasis aquí en los conceptos estadísticos de aptitud combinatoria general y específica; el tercer punto de vista se deriva de la estimación a partir de análisis de varianza y de procedimientos más generales de estimación. Griffing y Kempthorne hacen uso del análisis de varianza de la tabla dialélica (8).

En el diseño IV de Griffing (8), no se consideran efectos maternos, el esquema supone básicamente que es indiferente emplear un progenitor, ya sea como hembra o como macho, el diseño considera las $n(n-1)/2$ cruzas F_1 y no comprende cruzas recíprocas.

Dardón (3), cita que investigadores como Gardner han determinado que la varianza genética aditiva es la más importante en poblaciones poco mejoradas o no mejoradas. Indica el mismo autor que según las poblaciones van siendo mejoradas per se para rendimiento, la varianza genética aditiva disminuye. Cita también a Rojas y Sprague, quienes comparando la aptitud combinatoria general (ACG) y combinatoria específica (ACE) en variedades de maíz, encontraron que en las variedades mejoradas para rendimiento, la ACE tuvo mayor importancia que la ACG. Citando así lo mismo a Rivera, quien encon-

tró que para rendimiento, en maíces provenientes de cruzas de materiales mejorados, la varianza genética total se debía en gran parte a la varianza genética no aditiva.

La heterosis es el fenómeno biológico de carácter genético inverso a la degradación que acompaña a la consanguinidad, el vigor del híbrido F_1 cae fuera del intervalo de sus genitores con respecto a uno o varios caracteres (1).

Se puede citar dos alternativas para explicar la teoría genética de la heterosis (10).

- a. Basado en la interacción de alelos: se ha determinado que la heterocigosis per se es esencial para la heterosis para un solo locus donde hay dos alelos A y a, la combinación heterocigótica Aa es superior a cualesquiera de los posibles homocigotos AA y aa. Los alelos producen efectos distintos y la interacción entre ellos producen mayor vigor que el de los productos sencillos de los alelos en estado homocigoto.
- b. Basado en la interacción de diferentes genes dominantes: si se hace un cruzamiento entre líneas de maíz endogámicas no emparentados, van a diferir entre sí en varios loci. Incluso, si los diferentes alelos recesivos son ligeramente desfavorables para el vigor; el híbrido, al tener alelos dominantes relativamente favorables en más loci diferentes que cualquier línea pura, deberá ser más vigorosa que las líneas paternas.

Dardón (3), cita a Lonquist, quien concluyó que, la heterosis resultante al cruzarse dos variedades depende de la varianza aditiva y la varianza no aditiva; de esto, si se utiliza la varianza genética aditiva que existe en cada población se mejorará su rendimiento individual y el de sus cruzas. Entre más diferentes sean los progenitores y su grado de parentesco sea más bajo, el rendimiento de los híbridos será más alto.

La herabilidad, un fenómeno biológico de orden genético, se define como "La proporción de la varianza genética con respecto a la varianza total" (3).

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 (10). 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 $H^2 = \sqrt{G^2} / \sqrt{F^2}$ donde H^2 = Heredabilidad, $\sqrt{G^2}$ = varianza genética, $\sqrt{F^2}$ = 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 $h^2 = \sqrt{a^2} / \sqrt{F^2}$, donde h^2 = heredabilidad, $\sqrt{a^2}$ = varianza aditiva, $\sqrt{F^2}$ = varianza fenotípica (10).

La heredabilidad en sentido estricto tiene especial importancia en mejoramiento de poblaciones, ya que la varianza aditiva se expresa en la progenie de los individuos seleccionados y por consiguiente determina la respuesta a la selección (10).

V. MATERIALES Y METODOS

1. MATERIAL GENETICO

El material utilizado comprende siete variedades mejoradas y una variedad criolla, con buena adaptación a las condiciones edáficas y climáticas al valle de Chimaltenango, estas variedades son:

B-71	Chanín
V-301	Don Marshall (D.M.)
V-302	Sintético Amarillo (S.A.)
V-304	Sutuj

Todas estas variedades son de polinización libre.

CUADRO 1. Características de los materiales que entraron en las cruas dialélicas

Variedad	Color Grano	Rendimiento kg/ha	Días a Flor Femen.	Altura de Planta (m)	Altura de Mazorca (m)
B-71	Amarillo	3500	109	2.09	1.01
V-301	Blanco	4445	117	2.52	1.36
V-302	Amarillo	4358	122	2.77	1.51
V-304	Amarillo	4127	119	2.48	1.29
Chanín	Amarillo	3841	101	1.68	0.77
D.M.	Amarillo	3503	105	2.22	1.04
S.A.	Amarillo	2600	108	1.54	0.70
Sutuj	Amarillo	4341	108	2.80	1.65

1.1 Cruzas dialélicas que entraron en el ensayo:

<u>Orden</u>	<u>Genealogía</u>	<u>Orden</u>	<u>Genealogía</u>
1	D.M. x B-71	15	V-301 x V-304
2	V-301 x D.M.	16	V-301 x Chanín
3	D.M. x V-302	17	V-301 x S.A.
4	D.M. x V-304	18	V-301 x Sutuj
5	D.M. x Chanín	19	V-302 x V-304
6	D.M. x S.A.	20	V-302 x Chanín
7	D.M. x Sutuj	21	V-302 x S.A.
8	B-71 x V-301	22	V-302 x Sutuj
9	B-71 x V-302	23	V-304 x Chanín
10	B-71 x V-304	24	V-304 x S.A.
11	B-71 x Chanín	25	V-304 x Sutuj
12	B-71 x S.A.	26	Chanín x S.A.
13	B-71 x Sutuj	27	Chanín x Sutuj
14	V-301 x V-302	28	Sutuj x S.A.

2. EVALUACION DE LAS CRUZAS DIALELICAS

2.1 Localidades donde se evaluaron las cruzas dialélicas

Los experimentos se realizaron en cinco localidades que fueron las siguientes:

- a. Sumpango (Sacatepéquez)
- b. El Tejar (Chimaltenango)
- c. Parramos (Chimaltenango)
- d. Chimaltenango (Chimaltenango)
- e. Zaragoza (Chimaltenango)

2.2 Variable bajo estudio

Rendimiento.

2.3 Tamaño de parcela y distancias de siembra

Las distancias empleadas entre surco fueron de 1.2 metros y la de entre plantas fue de 1.0 metro. La longitud de cada surco fue de 6 metros con 6 posturas a lo largo, lo que resulta con un área por tratamiento de 7.2 metros cuadrados. El número de plantas por postura es de 5, obteniéndose una densidad de 41,667 plantas por hectárea.

2.4 Rendimiento en toneladas métricas por hectárea

Este parámetro se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

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

donde:

Pc = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela (en kg)

hc = Humedad de cosecha

hd = Humedad deseada (15%)

K área = Constante de ajuste a kg/ha en grano (1,388.8889)

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

2.5 Diseño experimental

Las cruces se evaluaron en un diseño de Látice 8 x 8 con dos repeticiones por localidad. De los 64 tratamientos (cruzas) que comprende el diseño, 28 de ellos son objeto de estudio, las que se adecuaron a una metodología de análisis de cruces dialélicas.

2.6 Diseño de tratamientos

Se utilizó el diseño IV de Griffing, en el que se ensayan $P(P-1)/2$ combinaciones, donde P es el número de progenitores. Este diseño ensaya un conjunto de cruzas F_1 , no incluye autofecundaciones, ni cruzas recíprocas. Sustituyendo la fórmula anterior, el valor de P se obtiene un total de 28 tratamientos. Para completar la estructura del Látice 8 x 8, se incluyeron cruzas de otros progenitores. Las combinaciones del diseño se expresan en el siguiente cuadro.

CUADRO 2. Combinaciones en el diseño IV de Griffing de ocho progenitores de maíz

	D.M.	B-71	V-301	V-302	V-304	Chanín	S.A.	Sutuj
D.M.	0	x	x	x	x	x	x	x
B-71	..... 0		x	x	x	x	x	x
V-301	..... 0			x	x	x	x	x
V-302	..... 0				x	x	x	x
V-304	..... 0					x	x	x
Chanín	..... 0						x	x
S.A.	..... 0							x
Sutuj	..... 0							

3. ANALISIS ESTADISTICO

3.1 Análisis de varianza por localidad

Las 28 cruzas fueron analizadas en cada localidad para la variable Rendimiento conforme a un diseño de Bloques al Azar con dos repeticiones por localidad.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = U + B_j + T_i + E_{ij}$$

donde:

t = Número de tratamientos (cruzas) $i = 1, 2, \dots, t$

r = Número de repeticiones o bloques $j = 1, 2, \dots, r$

Y_{ij} = Valor de la ij -ésima observación

U = Efecto de la media general

B_j = Efecto de la j -ésima repetición

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (cruza)

E_{ij} = Efecto del error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

La prueba de significancia de la diferencia entre tratamientos fue determinada bajo la siguiente prueba de F:

$$F_c = CM_t / CM_e$$

donde:

F_c = F calculada

CM_t = Cuadrado medio de tratamiento

CM_e = Cuadrado medio del error

Con $(t-1)$ y $(r-1)(t-1)$ grados de libertad asociados con CM_t y CM_e , respectivamente.

CUADRO 3. Análisis de varianza para un diseño de bloques al azar

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	E.C.M.
Bloques	r-1	$\sum_{j=1}^r \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$		
Tratamientos	t-1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	$\frac{SCt}{GLt}$	$\sqrt{E^2 + r\sigma^2}$
Error	(r-1)(t-1)	Diferencia	$\frac{SCe}{GLE}$	$\sqrt{E^2}$
Total	rt-1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{tr}$		

3.2 Análisis de varianza combinado

Este análisis se realizó con base a los totales de cada tratamiento en las cinco localidades, mediante un diseño de bloques al azar para una serie de experimentos repetidos.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = U + T_i + B_j(k) + L_k + (LT)_{ik} + E_{ijk}$$

donde:

i = 1, 2, ..., t = cruza

j = 1, 2, ..., r = repeticiones

k = 1, 2, ..., l = localidad

Y_{ijk} = Valor de la observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición en la k-ésima localidad.

U	=	Media general
T _i	=	Efecto del i-ésimo tratamiento (cruza)
B _{j(k)}	=	Efecto de la j-ésima repetición dentro de la k-ésima localidad
L _k	=	Efecto de la k-ésima localidad
(LT) _{ik}	=	Interacción del i-ésimo tratamiento con la k-ésima localidad
E _{ijk}	=	Error experimental asociado a la ijk-ésima observación.

La prueba de significancia de la diferencia entre tratamientos se determina así:

$$F \text{ trat.} = \text{CMt}/\text{CM}(1\text{xt})$$

donde:

F trat	=	F calculada de tratamientos
CMt	=	Cuadrado medio de tratamientos
CM(1xt)	=	Cuadrado medio de localidad por tratamiento con (t-1) y (L-1)(t-1), grados de libertad, asociados con CMt y CM(1xt), respectivamente.

Determinación de diferencia entre localidades:

$$F \text{ Loc.} = \text{CM}(1)/\text{CM}(1\text{xt})$$

donde:

F loc	=	F calculada de localidades
CM(1)	=	Cuadrado medio de localidades: con (L-1) y (t-1)(L-1) grados de libertad asociados con CM(1) y CM(1xt), respectivamente.

CUADRO 4. Análisis de varianza combinado para bloques al azar

F.V.	G.L.		S.C.	C.M.	E.C.M
Localidades	l-1		$\sum_{l=1}^k \frac{Y_{..k}^2}{rt} - \frac{Y_{...}^2}{lrt}$	$\frac{SC(l)}{GL(l)}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{tl}^2 + rt\sigma_l^2$
Bloques	(r-1)l		$\sum_{l=1}^k \sum_{j=1}^r \frac{Y_{.jk}^2}{t} - \sum_{l=1}^k \frac{Y_{..k}^2}{rt}$		
Tratamientos	t-1		$\sum_{l=1}^t \frac{Y_{i..}^2}{rl} - \frac{Y_{...}^2}{lrt}$	$\frac{SC(t)}{GL(t)}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{tl}^2 + rl\sigma_t^2$
Loc. x Trat.	(l-1)(t-1)	$\sum_{l=1}^k \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.k}^2}{r} - \frac{Y_{...}^2}{lrt} - SC(l) - SC(t)$		$\frac{SC(lxt)}{GL(lxt)}$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lt}^2$
Error	l(r-1)(t-1)		Diferencia	$\frac{SC \text{ error}}{GL \text{ error}}$	σ_e^2
TOTAL	lrt-1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r \sum_{l=1}^k Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{lrt}$			

Determinación de existencia de interacción Localidades por Tratamiento:

$$F_{\text{loc x trat}} = \text{CM}(\text{Lxt})/\text{CMe}$$

donde:

$F_{\text{loc x trat}}$ = F calculada de localidades por tratamiento

$\text{CM}(\text{Lxt})$ = Cuadrado medio de la interacción localidad por tratamiento

CMe = Cuadrado medio del error. Con $(t-1)(L-1)$ y $L(t-1)(r-1)$ grados de libertad asociados con $\text{CM}(\text{Lxt})$ y CMe , respectivamente.

3.3 Comparación múltiple de medias

Esta comparación se efectuó con un nivel de significancia de 0.05 para la variable rendimiento, utilizándose la prueba de Tukey. El comparador W se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$W = q(t, \text{Gle}) \alpha \bar{Sx}$$

$$\bar{Sx}_t = \sqrt{\text{CMe}/r} \quad \text{para cada localidad}$$

$$\bar{Sx}_t = \sqrt{\text{CMe}/(1)(r)} \quad \text{para análisis combinado}$$

donde:

W	=	Comparador
q	=	Dato de la tabla Tukey
t	=	Tratamiento
Gle	=	Grados de libertad del error
α	=	Nivel de significancia (0.05)
\bar{Sx}	=	Error standar
CMe	=	Cuadrado medio del error

l = Localidad
r = Repeticiones

3.4 Análisis dialélico

Este análisis se efectuó para la estimación de los tipos de acción génica y conocer la importancia de los componentes de varianza en la variable rendimiento.

Este análisis se efectuó para cada localidad y el combinado de las 5 localidades.

a. Análisis dialélico por localidad

Se utilizó el Diseño IV de Griffing, siendo el modelo estadístico el siguiente:

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

donde:

i, j = 1, 2, ..., P progenitores
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 aptitud combinatoria general (ACG) del progenitor "i".
g_j = Efecto de la aptitud combinatoria general (ACG) del progenitor "j"
S_{ij} = Efecto de la aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruce (i, j)
E_{ijk} = Efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación (i, j, k)

El cuadro 5 ilustra el análisis de varianza del diseño IV de Griffing utilizado.

CUADRO 5. 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	$r - 1$	$\sum_k \frac{2Y^2_{..k}}{p(p-1)} - \frac{2Y^2_{...}}{rp(p-1)}$	SC(Rep.)/G.L.(Rep.)	
Cruzas	$p \frac{(p-1)}{2} - 1$	$\sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}^2}{r} - \frac{2Y^2_{...}}{rp(p-1)}$	SC(cruzas)/G.L.(cruzas)	
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	$\frac{p(p-3)}{2}$	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	$\frac{rp(p-1)}{2} - 1$	$\sum_i \sum_j \sum_k \frac{Y_{ijk}^2}{2} - \frac{2Y^2_{...}}{rp(p-1)}$		

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

Pruebas de significancia de los efectos de aptitud combinatoria general y específica

En el diseño IV de Griffing la prueba de la hipótesis $H_0: \sqrt{ACE^2} = 0$, se efectúa calculando el cociente:

CM (ACE)/CM error

El cual, bajo la hipótesis y suponiendo que los errores E_{ijk} se distribuye normalmente, se distribuye 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. La prueba de la hipótesis $H_0: \sqrt{ACG^2} = 0$, se efectúa calculando el cociente:

CM (ACG)/(ACE)

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

Las fórmulas útiles para la estimación de los efectos de la aptitud combinatoria general (ACG) " \hat{g}_i " y aptitud combinatoria específica (ACE) " \hat{S}_{ij} ", se dan a continuación (11):

$$\hat{g}_i = \frac{G_{i.}}{r(p-2)} - \frac{2Y_{...}}{rp(p-2)}$$

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

donde:

$G_{i.}$ = Suma de las cruces en que interviene el progenitor i

r = Número de repeticiones

p	=	Número de progenitores
Y	=	Gran total
Y_{ij}	=	Valor fenotípico observado de la craza con progenitores "i" y "j"
\hat{g}_i	=	ACE del progenitor "i"
\hat{g}_j	=	ACE del progenitor "j"
\bar{Y}	=	Media general

b. Análisis dialélico combinado

Es el análisis de una serie de experimentos de cruzas dialélicas ensayados en cinco localidades en diseños de bloques completos al azar, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

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

donde:

i, j	=	1, 2, ..., P = progenitores
k	=	1, 2, ..., a = localidades
l	=	1, 2, ..., r = repeticiones
Y_{ijkl}	=	Valor fenotípico observado de la craza 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 i-ésimo progenitor con el j-ésimo progenitor
P_k	=	Efecto de la localidad k
$(gP)_{ik}$	=	Interacción entre el efecto i de la ACG y la localidad k
$(gP)_{jk}$	=	Interacción entre el efecto j de la ACG y la localidad k

(SP)ijk = Interacción entre el efecto (ij) de la ACE y la
localidad k

Eijkl = Error

Las pruebas de hipótesis se efectuaron de la siguiente forma (8): ACE y ACG x Loc se prueban comparando CM(ACE) y CM(ACGxLoc) contra CM(ACExLoc). ACExLoc se prueba comparando CM(ACExLoc) contra el CM (Error conjunto). Luego, para ACG, se puede formar un error combinado, comparando el CM(ACG) contra CM(ACE) + CM(ACxLoc) - CM(ACExLoc).

4. ESTIMACION DE LOS COMPONENTES DE VARIACION

Con la esperanza matemática de los cuadrados medios obtenidos para ACG, ACE y Error, se estimó la σ_a^2 , σ_d^2 y σ_e^2 .

Según las expresiones:

$$\begin{aligned}\sqrt{ACG}^2 &= (1/4) \sigma_a^2 && \text{si } F = 0 \\ \sqrt{ACE}^2 &= (1/4) \sigma_d^2 && \text{si } F = 0 \\ \sigma_e^2 &= \sigma^2 \text{ ambiente}\end{aligned}$$

donde:

$$\begin{aligned}\sqrt{ACG}^2 &= \text{Varianza para aptitud combinatoria general} \\ \sqrt{ACE}^2 &= \text{Varianza para aptitud combinatoria específica} \\ \sigma_e^2 &= \text{Varianza para el error (ambiental)} \\ \sigma_d^2 &= \text{Varianza de dominancia} \\ \sigma_a^2 &= \text{Varianza aditiva} \\ F &= \text{Coeficiente de endogamia}\end{aligned}$$

Con base a la estimación de los componentes de variación se obtuvo la varianza fenotípica (σ_F^2); y la varianza genética (σ_G^2); como se expresan en las fórmulas siguientes:

CUADRO 6. Análisis de varianza de una serie de experimentos dialélicos sin efectos maternos, modelo IV de Griffing

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

a = Localidades; r = repeticiones; p = progenitores

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{Ge}^2$$

$$\sigma_G^2 = \sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_{ep}^2$$

donde:

$$\sigma_F^2 = \text{Varianza fenotípica}$$

$$\sigma_G^2 = \text{Varianza genética total}$$

$$\sigma_{Ge} = \text{Varianza debido a la interacción genético-ambiente, (Loc x Trat)}$$

$$\sigma_e^2 = \text{Varianza ambiental}$$

$$\sigma_d^2 = \text{Varianza de dominancia}$$

$$\sigma_a^2 = \text{Varianza aditiva}$$

$$\sigma_{ep}^2 = \text{Varianza apistática}$$

$$\sigma_d^2 + \sigma_{ep}^2 = \text{Varianza genética no aditiva}$$

5. HEREDABILIDAD

Con las estimaciones de la varianza se calculó la heredabilidad para la variable bajo estudio, tanto en sentido amplio (H^2) como en sentido estricto (h^2), con base a las fórmulas:

$$H^2 = \left(\frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} \right) 100$$

$$h^2 = \left(\frac{\sigma_a^2}{\sigma_F^2} \right) 100$$

6. HETEROSIS

Se determinó con base al promedio de los progenitores y del mejor progenitor.

a. Con respecto al promedio de los progenitores:

$$V_e = (P_1 + P_2)/2$$

$$\text{Heterosis} = (V_o/V_e) \times 100$$

b. Con respecto al mejor progenitor:

$$\text{Heterosis} = (V_o/P_1) \times 100$$

donde:

P_1 = Mejor progenitor
 P_2 = Segundo progenitor
 V_o = Valor observado
 V_e = Valor esperado

VI. RESULTADOS Y SU INTERPRETACION

El análisis estadístico de este estudio se basó sobre los resultados de campo, que se registran en el cuadro 7.

1. ANALISIS DE VARIANZA GENERAL

En el análisis que presenta el cuadro 8 se observa que los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas en las cinco localidades, esta diferencia de comportamiento se debe a la heterogeneidad genética de los progenitores utilizados en este estudio, indicando existencia de heterosis, ya sea positiva o negativa.

Los coeficientes de variación (C.V.) respectivos para cada localidad son un índice indicador que el experimento fue conducido apropiadamente en todas las localidades, puesto que estos índices no sobrepasan de 20%.

En el análisis que presenta el cuadro 9 se observa que existe diferencia altamente significativa entre las cinco localidades, o sea que, cada localidad influye en forma diferente sobre todas las cruza ensayadas. Esto es debido a la existencia de numerosos microclimas en el valle de Chimaltenango. Se registra la existencia de diferencia significativa en la interacción Bloques x Localidades, esto significa que sí fue apropiado experimentar en cada localidad. Se registra la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, esto significa que, las cruza se comportaron diferentes dentro de cada localidad y entre localidades.

Existe diferencia significativa en la interacción Localidades x Tratamientos, esto indica que las localidades influyeron en la variación de la expresión del carácter rendimiento de las cru-

CUADRO 7. Rendimiento promedio por localidad de 28 cruzas dialélicas de maíz (tm/ha)

Orden	Cruzas	Sum-pango	El Tejar	Parramos	Chimaltenango	Zaragoza	\bar{X}
1	D.M. x B-71	5.60	3.60	1.60	1.60	3.80	3.24
2	V-301 x D.M.	6.80	3.80	2.30	3.70	4.60	4.24
3	D.M. x V-302	5.80	4.40	2.50	2.65	2.70	3.61
4	D.M. x V-304	6.00	4.20	2.40	2.40	3.50	3.70
5	D.M. x Chanín	5.90	4.10	1.70	1.30	3.90	3.36
6	D.M. x S.A.	3.80	4.00	1.20	1.60	1.10	2.34
7	D.M. x Sutuj	7.60	4.80	2.60	2.60	2.00	3.92
8	B-71 x V-301	8.00	4.30	1.60	1.70	3.50	3.82
9	B-71 x V-302	6.10	4.40	2.70	3.10	4.20	4.10
10	B-71 x V-304	6.10	4.10	2.20	2.40	3.70	3.70
11	B-71 x Chanín	4.70	4.40	1.90	2.40	2.30	3.14
12	B-71 x S.A.	5.60	4.70	1.20	2.80	4.30	3.72
13	B-71 x Sutuj	5.70	5.00	2.80	2.10	2.90	3.70
14	V-301 x V-302	8.70	4.80	2.30	3.80	4.00	4.72
15	V-301 x V-304	8.10	4.20	2.40	3.15	5.20	4.61
16	V-301 x Chanín	4.70	4.40	2.60	1.65	4.00	3.47
17	V-301 x S.A.	7.30	4.10	2.40	2.25	1.50	3.51
18	V-301 x Sutuj	8.60	5.00	2.50	3.90	5.90	5.18
19	V-302 x V-304	5.60	4.50	3.40	2.60	4.20	4.06
20	V-302 x Chanín	6.20	5.40	1.90	2.55	5.50	4.31
21	V-302 x S.A.	4.80	5.40	2.90	2.70	4.20	4.00
22	V-302 x Sutuj	7.70	3.80	3.00	2.55	5.90	4.59
23	V-304 x Chanín	5.10	2.20	2.10	1.95	2.20	2.71
24	V-304 x S.A.	6.70	3.80	2.60	2.40	4.70	4.04
25	V-304 x Sutuj	6.60	4.10	2.60	2.60	3.90	3.96
26	Chanín x S.A.	3.70	3.80	2.40	3.50	5.50	3.78
27	Chanín x Sutuj	5.40	3.70	2.10	2.55	3.20	3.39
28	Sutuj x S.A.	5.60	3.40	2.60	2.45	3.20	3.45
	TOTAL.. . . .	172.40	118.40	64.50	70.95	105.60	106.37
	GRAN TOTAL						531.85

CUADRO 8. Análisis de varianza individual de 28 cruzas formadas por 8 variedades de polinización libre, para la variable rendimiento, evaluada en 5 localidades

Fuente de Variación	G.L.	CUADRADOS MEDIOS				
		Sumpango	El Tejar	Parramos	Chimalte-nango	Zaragoza
Repeticiones	1	25.786 **	12.635 **	3.703 **	3.551 **	9.945 **
Tratamientos	27	3.510 **	0.840 **	0.534 **	0.890 **	3.139 **
Error	27	0.052	0.014	0.008	0.249	0.044
C.V.		3.70%	2.80%	3.88%	19.69%	5.56%
\bar{X} (tm/ha)		6.157	4.229	2.304	2.534	3.771

REFERENCIAS: NS = No significativo
 ** = Significativo al 1% de probabilidad de error
 * = Significativo al 5% de probabilidad de error

Parramos: las primeras 18 cruzas se comportaron iguales estadísticamente, pero a pesar de ello, no significa que fueron las mejores cruzas, puesto que ninguna superó el promedio de sus progenitores en esta localidad.

Chimaltenango: Las primeras 23 cruzas se comportaron iguales estadísticamente y se encuentra en la misma situación que la localidad de Parramos.

En Zaragoza las mejores cruzas fueron:

V-302 x Sutuj	Chanín x S.A.
V-301 x Sutuj	V-301 x V-304
V-302 x Chanín	

En el cuadro 11 se observa que las mejores cruzas fueron V-301 x Sutuj y V-301 x V-302, se comportaron diferentes a las demás cruzas en todas las localidades.

CUADRO 10. Prueba de Tukey aplicada a la variable rendimiento para 28 cruzas evaluadas en 5 localidades

SUMPANGO		Rendimiento
Genealogía		tm/ha
V-301	x V-302	8.70
V-301	x Sutuj	8.60
V-301	x V-304	8.10
V-301	x B-71	8.00
V-302	x Sutuj	7.70
D.M.	x Sutuj	7.60
V-301	x S.A.	7.30
V-301	x D.M.	6.80
V-304	x S.A.	6.70
V-303	x Sutuj	6.60
V-302	x Chanín	6.20
B-71	x V-302	6.10
V-304	x B-71	6.10
D.M.	x V-304	6.00
D.M.	x Chanín	5.80
D.M.	x V-302	5.80
B-71	x Sutuj	5.70
Sutuj	x S.A.	5.60
V-302	x V-304	5.60
B-71	x S.A.	5.60
D.M.	x B-71	5.60
Chanín	x Sutuj	5.40
V-304	x Chanín	5.10
V-302	x S.A.	4.80
B-71	x Chanín	4.70
B-301	x Chanín	4.70
D.M.	x S.A.	3.80
Chanín	x S.A.	3.70

Continúa

EL TEJAR		Rendimiento
Genealogía		tm/ha
V-302	x Chanfn	5.40
V-302	x S.A.	5.40
B-71	x Sutuj	5.00
V-301	x Sutuj	5.00
V-301	x V-302	4.80
D.M.	x Sutuj	4.80
B-71	x S.A.	4.70
V-302	x V-304	4.50
B-71	x Chanfn	4.40
B-71	x V-302	4.40
V-301	x Chanfn	4.40
D.M.	x V-302	4.40
B-71	x V-301	4.30
D.M.	x V-304	4.20
V-301	x V-304	4.20
D.M.	x Chanfn	4.10
V-301	x S.A.	4.10
V-304	x Sutuj	4.10
V-304	x B-71	4.10
D.M.	x S.A.	4.00
V-301	x D.M.	3.80
V-304	x S.A.	3.80
V-302	x Sutuj	3.80
Chanfn	x S.A.	3.80
Chanfn	x Sutuj	3.70
D.M.	x B-71	3.60
Sutuj	x S.A.	3.40
V-304	x Chanfn	2.20

Continúa

PARRAMOS		Rendimiento
Genealogía		tm/ha
V-302 x V-304		3.40
V-302 x Sutuj		3.00
V-302 x S.A.		2.90
B-71 x Sutuj		2.80
B-71 x V-302		2.70
Sutuj x S.A.		2.60
V-304 x S.A.		2.60
V-301 x Chanfn		2.60
D.M. x Sutuj		2.60
V-304 x Sutuj		2.60
D.M. x V-302		2.50
V-301 x Sutuj		2.50
D.M. x V-304		2.40
V-301 x V-304		2.40
V-301 x S.A.		2.40
Chanfn x S.A.		2.40
V-301 x D.M.		2.30
V-301 x V-302		2.30
V-304 x B-71		2.20
Chanfn x Sutuj		2.10
V-304 x Chanfn		2.10
V-302 x Chanfn		1.90
B-71 x Chanfn		1.90
D.M. x Chanfn		1.70
D.M. x B-71		1.60
B-71 x V-301		1.60
B-71 x S.A.		1.20
D.M. x S.A.		1.20

Continúa

CHIMALTENANGO		Rendimiento
Genealogía		tm/ha
V-301 x Sutuj		3.90
V-301 x V-302		3.80
V-301 x D.M.		3.70
Chanfn x S.A.		3.50
V-301 x V-304		3.15
B-71 x V-302		3.10
B-71 x S.A.		2.80
V-302 x S.A.		2.70
D.M. x V-302		2.65
V-302 x S.A.		2.60
D.M. x Sutuj		2.60
V-304 x Sutuj		2.60
Chanfn x Sutuj		2.55
V-302 x Chanfn		2.55
V-302 x Sutuj		2.55
Sutuj x S.A.		2.45
V-304 x B-71		2.40
V-304 x S.A.		2.40
B-71 x Chanfn		2.40
D.M. x V-304		2.40
V-301 x S.A.		2.25
B-71 x Sutuj		2.10
V-304 x Chanfn		1.95
B-71 x V-301		1.70
V-301 x Chanfn		1.65
D.M. x B-71		1.60
D.M. x S.A.		1.60
D.M. x Chanfn		1.30

Continúa

ZARAGOZA		Rendimiento
Genealogía		tm/ha
V-302 x Sutuj		5.90
V-301 x Sutuj		5.90
V-302 x Chanín		5.50
Chanín x S.A.		5.50
V-301 x V-304		5.20
V-304 x S.A.		4.70
V-301 x D.M.		4.60
B-71 x S.A.		4.30
B-71 x V-302		4.20
V-302 x V-304		4.20
V-302 x S.A.		4.20
V-301 x V-302		4.00
V-301 x Chanín		4.00
D.M. x Chanín		3.90
V-304 x Sutuj		3.90
D.M. x B-71		3.80
V-304 x B-71		3.70
D.M. x V-304		3.50
B-71 x V-301		3.50
Chanín x Sutuj		3.20
Sutuj x S.A.		3.20
B-71 x Sutuj		2.90
D.M. x V-302		2.70
B-71 x Chanín		2.30
V-304 x Chanín		2.20
D.M. x Sutuj		2.00
V-301 x S.A.		1.50
D.M. x S.A.		1.10

CUADRO 11. Prueba de Tukey aplicada a la variable rendimiento para 28 cruzas evaluadas en las 5 localidades

Genealogía	Rendimiento tm/ha
V-301 x Sutuj	5.18
V-301 x V-302	4.72
V-301 x V-304	4.61
V-302 x Sutuj	4.59
V-302 x Chanfn	4.31
V-301 x D.M.	4.24
B-71 x V-302	4.10
V-302 x V-304	4.06
V-304 x S.A.	4.04
V-302 x S.A.	4.00
V-304 x Sutuj	3.96
D.M. x Sutuj	3.92
B-71 x V-301	3.82
Chanfn x S.A.	3.78
B-71 x S.A.	3.72
D.M. x V-304	3.70
B-71 x Sutuj	3.70
V-304 x B-71	3.70
D.M. x V-302	3.61
V-301 x S.A.	3.51
V-301 x Chanfn	3.47
Sutuj x S.A.	3.45
Sutuj x Chanfn	3.39
D.M. x Chanfn	3.36
D.M. x B-71	3.24
B-71 x Chanfn	3.14
V-304 x Chanfn	2.71
D.M. x S.A.	2.34

Las medias con la misma barra no presentan diferencias significativas al 5% de probabilidad de error.

2. HETEROSIS

Para la interpretación de los cuadros 12, 13, 14, 15, 16 y 17, los valores expresados en porcentaje que se encuentran sobre la diagonal de los cuadros corresponden a las estimaciones de heterosis, respecto a la media de los progenitores; y los valores abajo de la diagonal corresponden a valores de heterosis respecto al mejor de los progenitores.

Las manifestaciones de heterosis en cada localidad y en las 5 localidades es el siguiente:

Sumpango: en promedio, la tendencia de la heterosis es positiva con valores de 61.0 % respecto al promedio de los progenitores y de 46.2 % respecto al mejor progenitor.

El Tejar: en promedio, la heterosis es positiva, con valores 11.1 % respecto al promedio de los progenitores y 1.1 % respecto al mejor de los progenitores. En el resto de localidades, en promedio de cada localidad, la tendencia de la heterosis es negativa, salvo el comportamiento individual de algunas cruzas como en el caso de la localidad de Zaragoza.

En el conjunto de las 5 localidades (cuadro 17), no existe heterosis positiva en promedio de todas las cruzas, excepto Chanfín x S.A., V-301 x Sutuj, B-71 x S.A., V-302 x Sutuj, V-302 x S.A., V-304 x S.A., V-302 x B-71, V-301 x V-302, V-301 x V-304, V-302 x Chanfín y V-301 x D.M., respecto al promedio de los progenitores; y, V-301 x Sutuj, B-71 x S.A., V-302 x Sutuj, V-301 x V-302, V-301 x V-304 respecto al mejor progenitor, que mostraron heterosis positiva como se observa en el cuadro respectivo. Sumpango y El Tejar fueron las únicas localidades que manifestaron heterosis positiva en promedio de todas las cruzas respecto al promedio de los progenitores y respecto al mejor progenitor; esto es debido a que el ambiente

fue favorable para la expresión de este fenómeno biológico, y debido a la diversidad genética de los progenitores que intervinieron.

Siendo los progenitores variedades de polinización libre, la heterosis positiva manifestada en estas localidades, es un índice que señala que estas variedades (progenitores) presentan capacidad de aumentar sus rendimientos al ser cruzadas con las otras variedades utilizadas como progenitores. Este fenómeno también puede deberse a la recuperación del vigor perdido por estas variedades durante muchas generaciones. Allard (1), explica el fenómeno indicando que algunos genotipos (progenitores) se complementan bien para producir híbridos varietales mejores que la variedad original de polinización abierta, mientras otras, no ligan bien en virtud de la combinación de genes dominantes y recesivos que recibieron durante la segregación.

Siendo el Altiplano Central un área con características climáticas que no permite la utilización o formación de líneas puras para formar híbridos en maíz, se utilizaron en esta investigación variedades S_0 de polinización libre. Bajo este criterio, el bajo grado de heterosis manifestado en las otras localidades y en el análisis de heterosis en conjunto para el área, se explica de la siguiente manera: las variedades progenitoras, poseen juegos genéticos (frecuencia génica y genotípica) estables y la alteración de su estructura con ambientes desfavorables para la expresión del carácter a evaluar (rendimiento), únicamente conduce a una reducción en la expresión del carácter en cuestión.

Es importante señalar, al menos para las localidades de Sumpango y El Tejar, los grados de heterosis positivas logrados, indican que existe la posibilidad de incrementar los rendimientos en el futuro a partir de la intervención de las mejores variedades utilizadas en este estudio, formando una variedad sintética o híbridos varietales.

CUADRO 12. Porcentaje de heterosis en 28 cruzas evaluadas para la variable Rendimiento, en base al promedio de los progenitores (a) y al mejor progenitor (b)

SUMPANGO

	D.M.	B-71	V-301	V-302	V-304	Chanín	S.A.	Sutuj
D.M.	-	159.9	171.1	147.6	157.3	158.0	124.5	193.8
B-71	159.9	-	201.4	155.3	160.0	128.1	183.6	145.4
V-301	153.0	180.0	-	197.7	189.0	113.4	207.2	195.8
V-302	133.1	140.0	195.7	-	132.0	151.2	138.0	177.0
V-304	145.4	147.8	182.2	128.5	-	128.0	199.2	155.9
Chanín	151.0	122.4	105.7	142.3	123.6	-	144.9	132.0
S.A.	108.5	160.0	164.2	110.1	162.3	96.3	-	161.4
Sutuj	175.1	131.5	193.5	176.7	152.0	124.4	129.0	-

\bar{X} a: 161.0 %

\bar{X} b: 146.2 %

CUADRO 13. Porcentaje de heterosis en 28 cruzas evaluadas para la variable Rendimiento, en base al promedio de los progenitores (a) y al mejor progenitor (b)

EL TEJAR

	D.M.	B-71	V-301	V-302	V-304	Chanín	S.A.	Sutuj
D.M.		102.8	95.6	112.0	110.1	111.7	131.1	122.4
B-71	102.8	-	108.4	112.0	107.5	119.9	154.1	127.5
V-301	85.5	96.7	-	109.1	98.0	106.2	116.4	113.8
V-302	101.0	101.0	108.0	-	106.1	131.7	155.2	87.4
V-304	101.8	99.4	94.5	103.3	-	55.2	113.0	96.8
Chanín	106.7	114.6	99.0	123.9	53.3	-	118.0	90.4
S.A.	114.2	134.3	92.2	123.9	92.1	98.9	-	98.0
Sutuj	110.6	115.2	112.5	87.2	94.5	85.2	78.3	-

\bar{X} a: 111.1%

\bar{X} b: 101.1%

CUADRO 14. Porcentaje de heterosis en 28 cruzas evaluadas para la variable rendimiento, en base al promedio de los progenitores (a) y al mejor progenitor (b)

PARRAMOS

	D.M.	B-71	V-301	V-302	V-304	Chanín	S.A.	Sutuj
D.M.	-	45.7	57.9	63.6	62.9	46.3	39.3	66.3
B-71	45.7	-	40.3	68.7	56.7	51.8	39.3	71.4
V-301	51.7	36.0	-	52.3	56.0	62.8	68.1	56.9
V-302	57.4	62.0	51.7	-	80.1	43.4	83.4	69.0
V-304	58.2	53.3	54.0	78.0	-	52.7	77.3	61.4
Chanín	44.3	49.5	58.6	43.6	50.9	-	74.5	51.3
S.A.	34.2	34.3	54.0	66.5	63.0	62.5	-	74.9
Sutuj	59.9	64.5	56.2	68.8	59.9	48.4	59.9	-

\bar{X} a: 59.8%

\bar{X} b: 54.5%

CUADRO 15. Porcentaje de heterosis en 28 cruzas evaluadas para la variable rendimiento, en base al promedio de los progenitores (a) y al mejor progenitor (b)

CHIMALTENANGO

	D.M.	B-71	V-301	V-302	V-304	Chanín	S.A.	Sutuj
D.M.	-	45.7	93.1	67.4	62.9	35.4	52.4	66.3
B-71	45.7	-	42.8	78.9	62.9	65.4	91.8	53.6
V-301	83.2	38.3	-	86.3	73.5	39.8	63.9	88.8
V-302	60.8	71.1	85.5	-	61.3	62.2	77.6	58.6
V-304	58.2	58.2	70.2	59.7	-	49.0	71.4	61.4
Chanín	33.9	62.5	37.1	51.6	47.2	-	108.7	62.3
S.A.	45.7	80.0	50.6	62.0	58.1	91.1	-	70.6
Sutuj	59.9	48.4	87.7	58.5	59.9	58.7	56.4	-

\bar{X} a: 66.2%

\bar{X} b: 60.0%

CUADRO 16. Porcentaje de heterosis en 28 cruzas evaluadas para la variable rendimiento, en base al promedio de los progenitores (a) y al mejor progenitor (b)

ZARAGOZA

	D.M.	B-71	V-301	V-302	V-304	Chanín	S.A.	Sutuj
D.M.	-	108.5	115.8	68.7	91.9	106.2	36.0	51.0
B-71	108.5	-	88.1	106.9	97.0	62.7	141.0	74.0
V-301	103.5	78.7	-	90.9	121.3	96.6	42.6	134.3
V-302	62.0	96.4	90.0	-	99.0	134.2	120.7	135.7
V-304	84.8	89.7	117.0	96.4	-	55.2	139.7	92.2
Chanín	101.5	59.9	90.0	126.2	53.3	-	170.8	72.2
S.A.	31.4	122.9	33.8	96.4	113.9	143.2	-	92.2
Sutuj	46.1	66.8	132.7	135.4	89.8	73.7	73.7	-

\bar{X} a: 98.1%

\bar{X} b: 89.9%

CUADRO 17. Porcentaje de heterosis en 28 cruzas evaluadas para la variable rendimiento, en base al promedio de los progenitores (a) y al mejor progenitor (b)

EN CINCO LOCALIDADES

	D.M.	B-71	V-301	V-302	V-304	Chanín	S.A.	Sutuj
D.M.	-	92.5	106.7	91.9	97.0	91.5	76.7	100.0
B-71	92.5	-	96.2	104.4	97.0	85.6	122.0	94.4
V-301	95.4	85.9	-	107.2	107.6	83.8	99.7	117.9
V-302	82.8	94.1	106.2	-	95.7	105.1	115.0	105.5
V-304	89.7	89.7	103.7	93.2	-	68.0	120.1	93.5
Chanín	87.5	81.8	78.1	98.9	65.7	-	117.4	82.9
S.A.	66.8	106.3	89.0	91.8	97.9	98.4	-	99.4
Sutuj	90.3	85.2	116.5	105.3	91.2	78.1	79.5	-

\bar{X} a: 99.1%

\bar{X} b: 90.8%

3. EFECTO DE LA APTITUD COMBINATORIA GENERAL (ACG \hat{g}_i)

El cuadro 18 registra el comportamiento de los progenitores con base a sus efectos de Aptitud Combinatoria General, donde se observa el comportamiento promedio de las cruzas en que intervinieron y de los progenitores en cada localidad. Los progenitores que mostraron los más altos valores con base a su ACG (\hat{g}_i) en cada localidad y en las 5 localidades, son los siguientes:

Sumpango: V-301 y Sutuj
 El Tejar: V-302
 Parramos: V-302 y Sutuj
 Chimaltenango: V-301 y V-302
 Zaragoza: V-302 y V-301

En las 5 localidades: V-301 y V-302, siendo los valores más altos observados 0.49 y 0.47, respectivamente.

4. EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA ESPECIFICA (ACE \hat{S}_{ij})

El cuadro 19 registra las estimaciones de los efectos de ACE de las 28 cruzas estudiadas con los respectivos rendimientos promedios en cada localidad y el conjunto de las 5 localidades. Las cruzas con mayores valores de ACE (\hat{S}_{ij}) en cada localidad y en las 5 localidades, se observa en el respectivo cuadro enumerados según el orden de su magnitud.

Efectuando un análisis en el combinado de las 5 localidades con base a las primeras 10 cruzas, es notorio que dentro de estas 10 cruzas, los progenitores con mayores frecuencias que intervienen en dichas cruzas fueron, en orden de importancia o valor: V-302, V-301, V-304, Sutuj y Sintético Amarillo.

CUADRO 18. Comportamiento de los progenitores en base a sus efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG ó \hat{g}_i), comportamiento promedio de las cruzas en que intervinieron y comportamiento de los progenitores, en la variable rendimiento, para cada localidad y en las 5 localidades combinados

Progenitor	\hat{g}_i	Rendimiento (tm/ha)	
		Progenitores	Cruzas
SUMPANGO			
D.M.	- 0.283333 (6)	3.5030 (6)	5.9143 (6)
B-71	- 0.216667 (5)	3.5000 (7)	5.9714 (5)
V-301	1.516667 (1)	4.4450 (1)	7.4571 (1)
V-302	0.300000 (3)	4.3580 (2)	6.4143 (3)
V-403	0.183333 (4)	4.1270 (4)	6.3143 (4)
Chanín	- 1.250000 (8)	3.8410 (5)	5.0857 (8)
S.A.	- 0.933333 (7)	2.6000 (8)	5.3571 (7)
Sutuj	0.683333 (2)	4.3410 (3)	6.7429 (2)
EL TEJAR			
D.M.	- 0.116667 (6)	3.5030 (6)	4.1286 (6)
B-71	0.150000 (3)	3.5000 (7)	4.3571 (3)
V-301	0.166667 (2)	4.4450 (1)	4.3714 (2)
V-302	0.516667 (1)	4.3580 (2)	4.6714 (1)
V-304	- 0.416667 (8)	4.1270 (4)	3.8714 (8)
Chanín	- 0.266667 (7)	3.8410 (5)	4.0000 (7)
S.A.	- 0.066667 (5)	2.6000 (8)	4.1714 (5)
Sutuj	0.033333 (4)	4.3410 (3)	4.2571 (4)
PARRAMOS			
D.M.	- 0.304167 (7)	3.5030 (6)	2.0429 (7)
B-71	- 0.354167 (8)	3.5000 (7)	2.0000 (8)
V-301	- 0.004167 (4)	4.4450 (1)	2.3000 (4)
V-302	0.432500 (1)	4.3580 (2)	2.6714 (1)
V-304	0.262500 (3)	4.1270 (4)	2.5286 (3)
Chanín	- 0.237500 (6)	3.8410 (5)	2.1000 (6)
S.A.	- 0.137500 (5)	2.6000 (8)	2.1857 (5)
Sutuj	0.345833 (2)	4.3410 (3)	2.6000 (2)

Progenitor	\hat{g}_i	Rendimiento (tm/ha)	
		Progenitores	Cruzas
CHIMALTENANGO			
D.M.	- 0.314583 (8)	3.5030 (6)	2.2643 (8)
B-71	- 0.272917 (6)	3.5000 (7)	2.3000 (6)
V-301	0.402083 (1)	4.4450 (1)	2.8786 (1)
V-302	0.368750	4.3580 (2)	2.8500 (2)
V-304	- 0.039583 (5)	4.1270 (4)	2.5000 (5)
Chanín	- 0.306250 (7)	3.8410 (5)	2.2714 (7)
S.A.	- 0.006250 (4)	2.6000 (8)	2.5286 (4)
Sutuj	0.168750 (3)	4.3410 (3)	2.6786 (3)
ZARAGOZA			
D.M.	- 0.800000 (8)	3.5030 (6)	3.0857 (8)
B-71	- 0.283333 (6)	3.5000 (7)	3.5286 (6)
V-301	0.383333 (2)	4.4450 (1)	4.1000 (2)
V-302	0.716667 (1)	4.3580 (2)	4.3857 (1)
V-304	0.166667 (3)	4.1270 (4)	3.9143 (3)
Chanín	0.033333 (5)	3.8410 (5)	3.8000 (5)
S.A.	- 0.316667 (7)	2.6000 (8)	3.5000 (7)
Sutuj	0.100000 (4)	4.3410 (3)	3.8571 (4)
LAS CINCO LOCALIDADES			
D.M.	- 0.363750 (7)	3.5030 (6)	3.4871 (7)
B-71	- 0.195416 (5)	3.5000 (7)	3.6314 (5)
V-301	0.492917 (1)	4.4450 (1)	4.2214 (1)
V-302	0.466250 (2)	4.3580 (2)	4.1986 (2)
V-304	0.031250 (4)	4.1270 (4)	3.8257 (4)
Chanín	- 0.405416 (8)	3.8410 (5)	3.4514 (8)
S.A.	- 0.292083 (6)	2.6000 (8)	3.5486 (6)
Sutuj	0.266250 (3)	4.3410 (3)	4.0271 (3)

() = Orden de la magnitud de los valores de cada columna

\hat{g}_i = Aptitud Combinatoria General.

CUADRO 19. Rendimiento promedio y estimación de los efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE o \hat{S}_{ij}) de 28 cruzas dialélicas

Cruzas	SUMPANGO		EL, TEJAR	
	\hat{S}_{ij}	Rendim. \bar{x} tm/ha	\hat{S}_{ij}	Rendim. \bar{x} tm/ha
1x2 D.M. x B-71	-0.057143 (16)	5.60 (18)	-0.661905 (25)	3.60 (26)
1x3 V-301 x D.M.	-0.590476 (23)	6.80 (8)	-0.478572 (23)	3.80 (21)
1x4 D.M. x V-302	0.373810 (21)	5.80 (15)	-0.228572 (18)	4.40 (9)
1x5 D.M. x V-304	-0.057143 (15)	6.00 (14)	0.504762 (5)	4.20 (14)
1x6 D.M. x Chanfn	1.176190 (2)	5.80 (16)	0.254772 (10)	4.10 (16)
1x7 D.M. x S.A.	-1.140476 (27)	3.80 (27)	-0.045238 (15)	4.00 (20)
1x8 D.M. x Sutuj	1.042857 (3)	7.60 (6)	0.654762 (3)	4.80 (5)
2x3 B-71 x V-301	0.542857 (9)	8.00 (4)	-0.245238 (20)	4.30 (13)
2x4 B-71 x V-302	-0.140476 (17)	6.10 (12)	-0.495238 (24)	4.40 (10)
2x5 B-71 x V-304	-0.023810 (14)	6.10 (13)	0.138095 (13)	4.10 (17)
2x6 B-71 x Chanfn	0.009524 (13)	4.70 (25)	0.288095 (8)	4.40 (11)
2x7 B-71 x S.A.	0.592857 (6)	5.60 (19)	0.388095 (7)	4.70 (7)
2x8 B-71 x Sutuj	-0.923810 (25)	5.70 (17)	0.588095 (4)	5.00 (3)
3x4 V-301 x V-302	0.727190 (5)	8.70 (1)	-0.111905 (17)	4.80 (6)
3x5 V-301 x V-304	0.242857 (10)	8.10 (3)	0.221428 (10)	4.20 (15)
3x6 V-301 x Chanfn	-1.723810 (28)	4.70 (26)	0.271428 (9)	4.40 (12)
3x7 V-301 x S.A.	0.559524 (8)	7.30 (7)	-0.228572 (19)	4.10 (18)
3x8 V-301 x Sutuj	0.242857 (11)	8.60 (2)	0.571429 (6)	5.00 (4)
4x5 V-302 x V-304	-1.040476 (26)	5.60 (20)	0.171428 (12)	4.50 (8)
4x6 V-302 x Chanfn	0.992857 (4)	6.20 (11)	0.921428 (1)	5.40 (1)
4x7 V-302 x S.A.	-0.723810 (24)	4.80 (24)	0.721428 (2)	5.40 (2)
4x8 V-302 x Sutuj	0.559524 (7)	7.70 (5)	-0.978571 (27)	3.80 (22)
5x6 V-304 x Chanfn	0.009524 (12)	5.10 (23)	-1.345238 (28)	2.20 (28)
5x7 V-304 x S.A.	1.292857 (1)	6.70 (9)	0.054762 (14)	3.80 (23)
5x8 V-304 x Sutuj	-0.423810 (22)	6.60 (10)	-0.254762 (21)	4.10 (19)
6x7 Chanfn x S.A.	-0.273810 (19)	3.70 (28)	-0.095238 (16)	3.80 (24)
6x8 Chanfn x Sutuj	-0.190476 (18)	5.40 (22)	-0.295238 (22)	3.70 (25)
7x8 Sutuj x S.A.	-0.307143 (20)	5.60 (21)	-0.795238 (26)	3.40 (27)

Continúa

Cont. Cuadro 19

Cruzas	PARRAMOS		CHIMALTENANGO	
	\hat{S}_{ij}	Rendim. \bar{x} tm/ha	\hat{S}_{ij}	Rendim. \bar{x} tm/ha
1x2 D.M. x B-71	-0.045238 (16)	1.60 (25)	-0.346429 (22)	1.60 (26)
1x3 D.M. x V-301	0.304762 (7)	2.30 (17)	1.078571 (2)	3.70 (3)
1x4 D.M. x V-302	0.071428 (14)	2.50 (11)	0.061905 (13)	2.65 (9)
1x5 D.M. x V-304	0.138095 (12)	2.40 (13)	0.220238 (9)	2.40 (20)
1x6 D.M. x Chanfn	-0.061905 (17)	1.70 (24)	-0.613095 (25)	1.30 (28)
1x7 D.M. x S.A.	-0.661905 (28)	1.20 (27)	-0.713095 (26)	1.60 (27)
1x8 D.M. x Sutuj	0.254762 (8)	2.60 (6)	-0.211905 (10)	2.60 (11)
2x3 B-71 x V-301	-0.345238 (24)	1.60 (26)	-0.963095 (27)	1.70 (24)
2x4 B-71 x V-302	0.321428 (5)	2.70 (5)	0.470238 (6)	3.10 (6)
2x5 B-71 x V-304	-0.011905 (15)	2.20 (19)	0.178571 (11)	2.40 (17)
2x6 B-71 x Chanfn	0.188095 (10)	1.90 (22)	0.445238 (7)	2.40 (19)
2x7 B-71 x S.A.	-0.611905 (27)	1.20 (28)	0.545238 (4)	2.80 (7)
2x8 B-71 x Sutuj	0.504762 (2)	2.80 (4)	-0.329762 (21)	2.10 (22)
3x4 V-301 x V-302	-0.428572 (25)	2.30 (18)	0.495238 (5)	3.80 (2)
3x5 V-301 x V-304	-0.161905 (20)	2.40 (14)	0.253571 (8)	3.15 (5)
3x6 V-301 x Chanfn	0.538095 (1)	2.60 (7)	-0.979762 (28)	1.65 (25)
3x7 V-301 x S.A.	0.238095 (9)	2.40 (15)	-0.679762 (24)	2.25 (21)
3x8 V-301 x Sutuj	-0.145238 (19)	2.50 (12)	0.795238 (3)	3.90 (1)
4x5 V-302 x V-304	0.404762 (4)	3.40 (1)	-0.263095 (20)	2.60 (10)
4x6 V-302 x Chanfn	-0.595238 (26)	1.90 (23)	-0.046429 (14)	2.55 (14)
4x7 V-302 x S.A.	0.304762 (6)	2.90 (3)	-0.196429 (17)	2.70 (8)
4x8 V-302 x Sutuj	-0.078571 (18)	3.00 (2)	-0.521429 (23)	2.55 (15)
5x6 V-304 x Chanfn	-0.228571 (21)	2.10 (20)	-0.238095 (18)	1.95 (23)
5x7 V-304 x S.A.	0.171429 (11)	2.60 (8)	-0.088095 (16)	2.40 (18)
5x8 V-304 x Sutuj	-0.311905 (22)	2.60 (9)	-0.063095 (15)	2.60 (12)
6x7 Chanfn x S.A.	0.471429 (3)	2.40 (16)	1.278571 (1)	3.50 (4)
6x8 Chanfn x Sutuj	-0.311905 (23)	2.10 (21)	0.153571 (12)	2.55 (13)
7x8 Sutuj x S.A.	0.088095 (10)	2.60 (10)	-0.246429 (19)	2.45 (16)

Continúa

Cont. Cuadro 19

Cruzas	ZARAGOZA		EN LAS 5 LOCALIDADES	
	\hat{S}_{ij}	Rendim. \bar{x} tm/ha	\hat{S}_{ij}	Rendim. \bar{x} tm/ha
1x2 D.M. x B-71	1.111905 (6)	3.80 (16)	0.000237 (15)	3.24 (25)
1x3 D.M. x V-301	1.245238 (4)	4.60 (7)	0.311904 (7)	4.24 (6)
1x4 D.M. x V-302	-0.988095 (23)	2.70 (23)	-0.291429 (23)	3.61 (19)
1x5 D.M. x V-304	0.361905 (11)	3.50 (18)	0.233571 (9)	3.70 (16)
1x6 D.M. x Chanfn	0.895238 (9)	3.90 (14)	0.330237 (6)	3.36 (24)
1x7 D.M. x S.A.	-1.554762 (26)	1.10 (28)	-0.803096 (28)	2.34 (28)
1x8 D.M. x Sutuj	-1.071429 (24)	2.00 (26)	0.218571 (10)	3.92 (12)
2x3 B-71 x V-301	-0.371429 (18)	3.50 (19)	-0.277430 (22)	3.82 (13)
2x4 B-71 x V-302	-0.004762 (14)	4.20 (9)	0.030237 (14)	4.10 (7)
2x5 B-71 x V-304	0.045238 (12)	3.70 (17)	0.065237 (11)	3.70 (18)
2x6 B-71 x Chanfn	-1.221429 (25)	2.30 (24)	-0.058097 (17)	3.14 (26)
2x7 B-71 x S.A.	1.128571 (5)	4.30 (8)	0.408570 (5)	3.72 (15)
2x8 B-71 x Sutuj	-0.688095 (20)	2.90 (22)	-0.169763 (19)	3.70 (17)
3x4 V-301 x V-302	-0.871428 (22)	4.00 (12)	-0.038096 (16)	4.72 (2)
3x5 V-301 x V-304	0.878572 (10)	5.20 (5)	0.286904 (8)	4.61 (3)
3x6 V-301 x Chanfn	-0.188095 (16)	4.00 (13)	-0.416440 (25)	3.47 (21)
3x7 V-301 x S.A.	-2.338095 (28)	1.50 (27)	-0.489763 (26)	3.51 (20)
3x8 V-301 x Sutuj	1.645238 (2)	5.90 (2)	0.621904 (2)	5.18 (1)
4x5 V-302 x V-304	-0.454762 (19)	4.20 (10)	-0.236429 (20)	4.06 (8)
4x6 V-302 x Chanfn	0.978572 (8)	5.50 (3)	0.450237 (4)	4.31 (5)
4x7 V-302 x S.A.	0.028571 (13)	4.20 (11)	0.026904 (13)	4.00 (10)
4x8 V-302 x Sutuj	1.311905 (3)	5.90 (1)	0.058571 (12)	4.59 (4)
5x6 V-304 x Chanfn	-1.771428 (27)	2.20 (25)	-0.714763 (27)	2.71 (27)
5x7 V-304 x S.A.	1.078571 (7)	4.70 (6)	0.501904 (3)	4.04 (9)
5x8 V-304 x Sutuj	-0.138095 (15)	3.90 (15)	-0.136429 (18)	3.96 (11)
6x7 Chanfn x S.A.	2.011905 (1)	5.50 (4)	0.678570 (1)	3.78 (14)
6x8 Chanfn x Sutuj	-0.704762 (21)	3.20 (20)	-0.269773 (21)	3.39 (23)
7x8 Sutuj x S.A.	-0.354762 (17)	3.20 (21)	-0.323096 (24)	3.45 (22)

5. ANALISIS DIALELICO

El cuadro 20 registra que únicamente en las localidades de Sum-pango y Parramos hubo diferencias significativas entre los progenitores en su comportamiento de efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG); en tanto que en el resto de localidades, los progenitores se comportaron estadísticamente igual entre ellos en sus efectos de ACG. En las localidades de El Tejar, Chimaltenango y Zaragoza, se señaló en la sección 3 (página 45), aparentemente fueron mejores los progenitores: V-302, V-301 y V-302, V-302, V-302 y V-301, respectivamente, no obstante se comprueba estadísticamente que no es significativa la supremacía de ellos respecto al resto de progenitores utilizados.

Respecto a la Aptitud Combinatoria Específica (ACE), se registra en el cuadro en mención una diferencia altamente significativa para todas las localidades, esto es, las 28 cruzas se comportaron distintamente entre ellas (mejores o peores) en la expresión del carácter rendimiento en cada localidad, esto es debido a las diferentes frecuencias de genes de los progenitores utilizados.

CUADRO 20. Análisis dialélico individual (para cada localidad)

F.V.	G.L.	CUADRADOS MEDIOS				
		Sum-pango	El Tejar	Parramos	Chimaltenango	Zaragoza
Repeticiones	1	25.786	12.635	3.703	3.551	9.945
Cruzas	27	3.510	0.840	0.534	0.890	3.139
ACG	7	9.346**	0.996NS	1.142*	1.020NS	2.606NS
ACE	20	1.468**	0.785**	0.321**	0.845**	3.326**
Error	27	0.052	0.014	0.008	0.249	0.044

NS = No significativo

** = Significativo al 1% de probabilidad de error

* = Significativo al 5% de probabilidad de error

En el cuadro 21 se registra una diferencia significativa en el efecto de la Aptitud Combinatoria General, esto equivale a decir que los 8 progenitores utilizados en el estudio se comportaron diferentes entre ellos para el valle de Chimaltenango. En tanto que, no existe diferencia estadística en el efecto de la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) en las 28 cruzas dialélicas para la misma área.

Se observa que existe diferencia altamente significativa en la interacción ACE x Localidades, esto significa que el medio ambiente de cada localidad influye sobre los cruzamientos ensayados y por ende la expresión del carácter rendimiento. En tanto que nos existe diferencia significativa en la interacción ACG x Localidades, esto es, los efectos de la ACG no varían significativamente entre localidades.

CUADRO 21. Análisis dialélico combinado

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios
Localidades	4	134.160
Repeticios x Localidad	5	11.124
Cruzas	27	3.555
ACG	7	8.163*
ACE	20	1.942NS
Cruzas x Localidades	108	1.340
ACG x Localidades	28	1.736NS
ACE x Localidades	80	1.201**
Error	135	0.073

NS = No significativo

** = Significativo al 1% de probabilidad de error

* = Significativo al 5% de probabilidad de error

6. COMPONENTES DE VARIACION

El cuadro 22 registra la estimación de los componentes de varianza para ACG y ACE, así como la relación existente entre ambos componentes.

CUADRO 22. Estimación de los componentes de varianza para ACG y ACE para cada localidad y del combinado de las 5 localidades

Localidades	σ_{ACG}^2	σ_{ACE}^2	$\sigma_{ACE}^2/\sigma_{ACG}^2$	% σ_{ACE}^2 *
Sumpango	0.65650	0.70800	1 : 1	52
El Tejar	0.01758	0.38550	22 : 1	96
Parramos	0.06842	0.15650	2 : 1	70
Chimaltenango	0.01458	0.29800	20 : 1	95
Zaragoza	-0.06000	1.64100	100 : 1	100
COMBINADO	0.09477	0.07410	1 : 1	44

$$* = (\sigma_{ACE}^2 / (\sigma_{ACE}^2 + \sigma_{ACG}^2)) 100$$

En el cuadro anterior la relación $\sigma_{ACE}^2 / \sigma_{ACG}^2$ demuestra que la σ_{ACE}^2 se comporta de esta forma en las siguientes localidades:

Sumpango: cualitativamente, la variancia de la ACE es igual a la de ACG.

El Tejar: la varianza de la ACE supera 22 veces a la de ACG.

Parramos: la varianza de la ACE supera 2 veces a la de ACG.

Chimaltenango: la varianza de la ACE supera 20 veces a la de ACG.

Zaragoza: la varianza de la ACE supera 100 veces a la de ACG.

En el Combinado, la varianza de estos dos parámetros se comportaron iguales, es decir, sus valores son iguales.

Los bajos valores de la varianza de la ACG ($\sqrt{ACG^2}$) en las localidades El Tejar, Chimaltenango y Zaragoza son índices de poca variabilidad de los efectos de la Aptitud Combinatoria General en estas localidades. No existe diferencia significativa considerando hasta un 5% de probabilidad de error en la expresión de los efectos de ACG en tales localidades. En tanto que, los altos valores de la varianza de la ACG, reflejan alta variación en la expresión de la ACG en las localidades de Sumpango y Parramos.

La relación $\sqrt{ACE^2} / \sqrt{ACG^2}$ refleja que existe un porcentaje de interacción entre los efectos de la ACG y la ACE en las localidades de El Tejar, Chimaltenango y Zaragoza, esto puede deberse según Velásquez citado por Quemé (10), que los efectos de ACG están influenciados por los efectos de la ACE, mientras mayor sea el grado de expresión de la ACE, mucho menor es la expresión de la ACG para las mencionadas localidades. Es manifiesto que para cada localidad, cuantitativamente, la varianza de la ACE fue siempre superior en todos los casos a la varianza de la ACG.

El cuadro 23 registra los valores estimados de la varianza genética aditiva ($\sqrt{a^2}$), no aditiva ($\sqrt{d^2}$) y genética total ($\sqrt{G^2}$). Se observa que siendo los valores de la varianza genética aditiva y no aditiva calculados aritméticamente en base a la varianza de la ACG y ACE, lógicamente los valores de aquellos serán semejantes a la de estos, por lo tanto, la varianza genética aditiva ($\sqrt{a^2}$) es menor que la no aditiva ($\sqrt{d^2}$) correspondiente a cada localidad. Se observa que en cada localidad la varianza genética no aditiva constituye en más del 50% de la varianza genética total ($\sqrt{G^2}$). En tanto que en el combinado se observa que

la varianza genética no aditiva constituye en menos del 50% de la varianza genética total; por lo tanto, la varianza genética total, en este caso, es debido en su mayor parte a la varianza genética aditiva.

CUADRO 23. Estimación de los componentes de varianza genética aditiva (σ_a^2), no aditiva (σ_d^2) y genética total (σ_G^2) para cada localidad y del combinado de las 5 localidades

Localidades	σ_a^2	σ_d^2	σ_G^2	$\sigma_d^2/\sigma_G^2(\%)$
Sumpango	2.62600	2.83200	5.45800	52
El Tejar	0.07033	1.54200	1.61233	96
Parramos	0.27367	0.62600	0.89967	70
Chimaltenango	0.05833	1.19200	1.25033	95
Zaragoza	-	6.32400	6.32400	100
COMBINADO	0.37907	0.29640	0.67547	44

El cuadro 24 registra los valores estimados de la varianza fenotípica (σ_F^2), cuyos valores están en relación directa con los valores de la varianza genética total, siendo estos valores mayores, porque la varianza fenotípica es la expresión de la varianza genética total, sumándose a ello la varianza de los errores (efectos ambientales).

CUADRO 24. Componentes de varianza fenotípica (σ_F^2) para cada localidad y del combinado de las 5 localidades

Localidades	σ_G^2	σ_e^2	σ_{Ge}^2	σ_F^2
Sumpango	5.45800	0.05200	-	5.51000
El Tejar	1.61233	0.01400	-	1.62633
Parramos	0.89967	0.00800	-	0.90767
Chimaltenango	1.25033	0.24900	-	1.49933
Zaragoza	6.32400	0.04400	-	6.36800
COMBINADO	0.67547	0.07337	0.63332	1.38215

7. HEREDABILIDAD

El cuadro 25 presenta las estimaciones de heredabilidad en sentido amplio (H^2) y en sentido estricto (h^2), en la que se observa que la heredabilidad en sentido amplio es muy superior a la de sentido estricto, esto es debido a que la heredabilidad en sentido estricto es un índice que explica la heredabilidad basada en la varianza genética aditiva (σ_a^2) respecto a la varianza fenotípica ($h^2 = (\sigma_a^2 / \sigma_F^2) 100$), en el cuadro 23 se observó que la varianza genética total era debido en más del 50% a la varianza genética no aditiva (dominante), por lo tanto, la varianza genética aditiva es mucho menor respecto a la varianza genética no aditiva; pero los altos valores que presenta la H^2 respecto a los valores de la h^2 , de estos valores, solamente el porcentaje del valor con que contribuye la varianza genética aditiva se transmite a la progenie, en tanto que los valores de la H^2 en su totalidad no son transmitidos a la progenie.

CUADRO 25. Estimación de heredabilidad en sentido amplio (H^2) y estricto (h^2) para cada localidad y del combinado de las 5 localidades

Localidades	H^2 (%)	h^2 (%)
Sumpango	99	48
El Tejar	99	4
Parramos	99	30
Chimaltenango	83	4
Zaragoza	99	0
COMBINADO	49	27

Analizando cada localidad se observa que en Sumpango se presenta un mayor porcentaje de heredabilidad en sentido estricto (h^2), esto significa que es factible el mejoramiento del carácter "rendimiento" en esta localidad, puesto que casi el 50% de la varianza genética total está constituido por la varianza genética aditiva. Seguidamente Parramos, el porcentaje de heredabilidad en sentido estricto es de 33%. En tanto que en el resto de localidades la heredabilidad en sentido estricto es muy pequeño, indicando que el carácter "rendimiento" es nula su heredabilidad a la progenie.

En el combinado se observa que el carácter rendimiento es heredable a la progenie en un 27%, lo que indica que es factible el mejoramiento de este carácter para el valle de Chimaltenango utilizando los mejores progenitores para lograr avances en el "rendimiento" aunque en mínimos porcentajes de este preciado grano. Al hacer una relación de la h^2 respecto a la H^2 en el combinado $(27/49) = 55\%$, y tal como se observa en el cuadro 23, la varianza genética aditiva es mayor que la varianza genética no aditiva (Combinado); se obtiene que el 55% de los valores genotípicos observados es transmitido a la progenie referente al carácter "rendimiento" para el área donde se efectuó este estudio.

VII. CONCLUSIONES

1. Existen diferencias en el comportamiento entre las cruzas ensayadas en cada localidad y entre localidades, estas cruzas estudiadas responden distintamente debido a la variabilidad genética de los progenitores utilizados y a las diferentes influencias de microclimas en el área.
2. La existencia de diferencia significativa en la estimación de la ACG para el valle de Chimaltenango acepta la segunda hipótesis planteada inicialmente, la que afirma: "Todas las variedades que integraron las cruza dialélicas no tienen la misma ACG"; en tanto que, se rechaza la hipótesis para la ACE, puesto que se comprobó que no existen diferencias significativas en el área para ello.
3. Se acepta la primera hipótesis planteada en el presente estudio la que afirma: "Existe la alternativa de formar una variedad sintética de maíz con rendimiento superior a partir de las variedades en estudio", porque existe significancia en la ACG. Pero no existe la posibilidad de formar híbridos varietales, porque no existe significancia en la ACE.
4. De acuerdo al análisis combinado de las 5 localidades, el índice de heredabilidad estricto para el carácter "rendimiento" en el valle de Chimaltenango es promisorio y, constituye una alternativa para mejorar el rendimiento del maíz en esta región.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Profundizar en las posibilidades que pueden aportarnos las variedades sintéticas para el valle de Chimaltenango.
2. Iniciar trabajos de formación de una variedad sintética con las variedades: V-301, V-302, Sutuj, V-304 y B-71.
3. Si se cuenta con recursos económicos suficientes, es bueno ensayar por un período de tres años o más para determinar el verdadero comportamiento de la heterosis para el valle de Chimaltenango.

IX. LITERATURA CITADA

1. ALLARD, R.W. Principio de la mejora genética de las plantas. Trad. de la 1a. ed. americana por José L. Montoya. 3 ed. Barcelona, España. OMEGA, 1979. pp. 239, 304-328.
2. BRAUER, O.H. Fitogenética aplicada. México. Limusa, 1978. pp. 379-390.
3. DARDON, M.A. Aptitud combinatoria general y específica de 10 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). Tesis, Mag. Sc. México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 1980. pp. 4-6.
4. DAVILA MONZON, F.A. Utilización de los parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de las variedades criollas de maíz en Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. p. 1.
5. GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe anual del programa de maíz, 1979. Guatemala, 1980. pp. 156-158.
6. ----- Informe anual del programa de maíz, 1980. Guatemala, 1981. pp. 87-90.
7. ----- Informe anual del programa de maíz, 1982. Guatemala, 1983. p. 197.
8. MARTINEZ GARZA, A. Diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. Chapingo, México, Colegio de Post-graduados ENA, 1975, pp. 29-44.
9. POEHLMAN, J.M. Mejoramiento genético de las cosechas. México, D.F. Limusa, 1979. pp. 282-285.
10. POEY, F. et al. Conceptos teóricos que respaldan los programas de mejoramiento genético de maíz. Guatemala, ICTA, 1978. pp. 56-58, 73-75.
11. QUEME DE LEON, 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. SANDOVAL, A.A. Observaciones generales sobre el programa de maíz en la zona media de Colombia. Guatemala, SCIDA, 1955. pp. 4-7.
13. VALLE, C.G. DEL. La obtención de un híbrido de maíz comercial en Cuba. La Habana, Estación Experimental Agronómica, 1952. p. 5.

Vo. Bo.

Patuallé



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia _____
Asunto _____

"IMPRIMASE"

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'C.A. Castaneda S.'.



ING. AGR. CESAR A. CASTANEDA S.
D E C A N O