

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
POSGRADO INTERINSTITUCIONAL DE CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES**



**APTITUD COMBINATORIA Y ESTABILIDAD GENÉTICA
DE LA RESISTENCIA A SEQUÍA EN LINEAS
E HÍBRIDOS TROPICALES DE MAIZ**

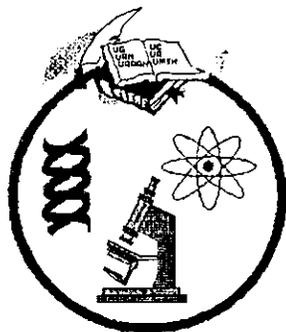
MARIO ABEL GARCIA VAZQUEZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

Zapopan, Jalisco, Mayo 2000



POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

PICAF



UAA



UAAAN



UdeC



UdeG



UMSNH



UAN

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

TUTOR:

Dr. Fidel Márquez Sánchez

ASESOR:

Dr. David Beck

ASESOR:

Dr. José Ron Barra

ASESOR:

Dr. Roberto Valdivia Bernal

ASESOR:

Dr. Alberto Betancourt Vallejo

Zapopan, Jal., mayo del 2000

**Lo mas incomprensible, es
que sea comprensible.**

Einstein

Una frase de antaño.

DEDICATORIAS

A la memoria de mis padres Maty y Abel.

A mi esposa Olga por todo el Amor que me ha brindado.

A mis hijos: Centli, Xilonen, Carlos y
Citlali con el único deseo de que
sean felices en el caminar de la vida

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Salvador Mena Munguía, con afecto y admiración por ser todo un ejemplo a seguir.

A la Universidad de Guadalajara, por darme la oportunidad de seguirme superando.

Al Centro Internacional De Mejoramiento de Maíz Y Trigo (CIMMYT), por el amplio apoyo brindado.

Al programa de Posgrado del PICAFA, por la oportunidad de obtener el grado de Doctor en Ciencias.

Al M.C. Santiago Sánchez Preciado, por su amistad y ayuda desinteresada para lograr la obtención del grado.

Al Dr. Fidel Márquez Sánchez, quien por muchos años ha sido amigo y tutor en mi desarrollo Académico.

Al Dr. David Beck quien hizo posible la presente investigación, mis mas sinceros agradecimientos.

Al Dr. José Ron Parra que me brindo solidaridad en los momentos difíciles y en las decisiones polarizadas en el programa del PICAFA.

Al Dr. Alberto Betancourt Vallejo, por sus valiosos exhortos a seguir adelante.

Al Dr. Roberto Valdivia Bernal, por el tiempo dedicado a revisar el documento y sus acertadas sugerencias.

Al Dr. Jesús Sánchez González por brindarme su amistad y apoyo, a través de tantos años de compartir la Ciencia.

Al M.C. Salvador Hurtado de la Peña por ser mi compadre y amigo.

A mis amigos Norberto Carrizales, Felipe Zamudio y Salvador carvajal, por todo el esfuerzo y apoyo que hizo posible la realización física de esta investigación.

A mi compañero de Posgrado y amigo M.C. Francisco Casas por su apoyo desinteresado y amistad sincera, lo mejor para ti.

A todos mis Profesores compañeros y amigos del Posgrado.

Al Programa PROMEP que me proporcionó beca de redacción de Tesis.

INDICE

LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE CUADROS EN EL APÉNDICE.....	XII
RESUMEN.....	XIV
1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Estrés abiótico y de sequía.....	4
2.2 Efectos de la sequía en el rendimiento del maíz.....	6
2.3 Herencia de la resistencia a la sequía.....	7
2.4 Estrategias de mejoramiento bajo estrés de sequía.....	11
2.5 Aptitud combinatoria y Diseños Dialélicos.....	13
2.6 Interacción Genotipo-Ambiente.....	17
3.MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1 Materiales genéticos.....	21
3.2 Localidades de evaluación.....	21
3.3 Variables estudiadas.....	26
3.4 Diseño experimental.....	27
3.5 Análisis estadísticos.....	27
3.5.1 Análisis de varianza del dialélico.....	27
3.5.2 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general y específica.....	32
3.5.3 Pruebas de hipótesis de los efectos de aptitud combinatoria.....	33
3.5.4 Análisis de estabilidad.....	34
3.5.4.1 Parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell	34
3.5.4.2 Método de Ecovalencia de Wricke (W^2).....	37

3.5.4.3 Método no paramétrico de Huhn (S^3).....	38
3.5.4.4 Índice de estabilidad.....	38
3.5.4.5 modelos de regresión para rendimiento de grano.....	40
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 Análisis de varianza de los dialélicos.....	41
4.1.1 Dialélicos por localidad.....	41
4.1.2 Dialélicos combinados.....	43
4.2 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general y específica.....	51
4.2.1 Efectos de aptitud combinatoria general.....	52
4.2.1.1 Rendimiento de grano.....	52
4.2.1.2 Días a flor masculina y femenina.....	53
4.2.1.3 Sincronía floral (ASI).....	56
4.2.1.4 Altura de planta y altura de mazorca.....	56
4.2.1.5 Altura de mazorca/altura de planta.....	57
4.2.1.6 Acame de raíz y acame de tallo.....	57
4.2.1.7 Número de mazorcas por planta.....	60
4.2.1.8 Pudrición de mazorca.....	62
4.2.1.9 Porcentaje de humedad del grano.....	62
4.2.2 Efectos de aptitud combinatoria específica.....	64
4.2.2.1 Rendimiento de grano.....	64
4.2.2.2 Días a flor masculina y femenina.....	65
4.2.2.3 Sincronía floral (ASI).....	71
4.2.2.4 Altura de planta y altura de mazorca.....	71
4.2.2.5 Altura de mazorca/altura de planta.....	78
4.2.2.6 Acame de raíz y acame de tallo.....	78
4.2.2.7 Número de mazorcas por planta.....	78
4.2.2.8 Pudrición de mazorca.....	79
4.2.2.9 Porcentaje de humedad del grano.....	79

4.3 Interacción Genético-Ambiental.....	89
4.3.1 Parámetros de estabilidad.....	89
4.3.1.1 Rendimiento de grano.....	89
4.3.1.2 Sincronía floral (ASI).....	98
4.3.1.3 Número de mazorcas por planta.....	99
4.3.1.4 Correlaciones entre parámetros.....	1 08
4.3.2 Ecovalencias de Wricke (W^2).....	111
4.3.2.1 Rendimiento de grano.....	111
4.3.2.2 sincronía floral (ASI).....	114
4.3.2.3 Número de mazorcas por planta.....	114
4.3.3 Estadístico no paramétrico de Huhn (S^3).....	117
4.3.3.1 Rendimiento de grano.....	117
4.3.3.2 Sincronía floral (ASI).....	119
4.3.3.3 Número de mazorcas por planta.....	119
4.3.4 Índice de estabilidad.....	122
4.3.4.1 Rendimiento de grano.....	122
4.3.4.2 Sincronía floral.....	126
4.3.4.3 Número de mazorcas por planta.....	129
4.4 Modelos de regresión.....	132
4.4.1 Modelo de regresión bajo condiciones de estrés.....	132
4.4.2 Modelo de regresión bajo condiciones de no estrés..	134
5. CONCLUSIONES.....	136
6. BIBLIOGRAFÍA.....	142
7. APÉNDICE.....	149

LISTA DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	PAGINA
1	Líneas tropicales de maíz de CIMMYT que entraron al dialélico para resistencia a sequía.....	22
2	Localidades de evaluación de las cruzas del dialélico, ciclo, y característica de estrés.....	23
3	Análisis de varianza del dialélico (Método 4 de Griffing).....	29
4	Análisis de varianza del dialélico (Método 4 de Griffing) considerando ambientes e interacciones.....	31
5	Forma general del análisis de varianza para la Estimación de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russel (1966).....	36
6	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento de grano en maíz. número de mazorcas y 10 caracteres agronómicos en localidades bajo condiciones de no estrés.....	45
7	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento de grano en maíz. número de mazorcas por planta y 10 caracteres agronómicos en localidades bajo condiciones de estrés.....	46
8	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento de grano en maíz y número de mazorcas por planta 10 caracteres agronómicos en el total de localidades.....	47
9	Efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento de grano en análisis combinados.....	54
10	Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor masculina en análisis combinados.....	54
11	Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor femenina en análisis combinados.....	55

12	Efectos de aptitud combinatoria general para intervalo de floración femenina a masculina o ASI, en análisis combinados.....	55
13	Efectos de aptitud combinatoria general para altura de Planta en análisis combinados.....	58
14	Efectos de aptitud combinatoria general para altura de Mazorca en análisis combinados.....	58
15	Efectos de aptitud combinatoria general para altura de mazorca/altura de planta de análisis combinados.....	59
16	Efectos de aptitud combinatoria general para acame de raíz de análisis combinados.....	59
17	Efectos de aptitud combinatoria general para acame de tallo en análisis combinados.....	61
18	Efectos de aptitud combinatoria general para número de mazorcas por planta en análisis combinados.....	61
19	Efectos de aptitud combinatoria general para pudrición de Mazorca en análisis combinados.....	63
20	Efectos de aptitud combinatoria general para humedad de grano en análisis combinados.....	63
21	Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano en ocho localidades.....	66
22	Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano en cinco localidades sin estrés.....	66
23	Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano en tres localidades bajo estrés.....	67
24	Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor masculina en siete localidades.....	67
25	Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor masculina en cuatro localidades sin estrés.....	68

26	Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor masculina en tres localidades bajo estrés.....	68
27	Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor femenina en siete localidades.....	69
28	Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor femenina en cuatro localidades sin estrés.....	69
29	Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor femenina en tres localidades bajo estrés.....	70
30	Efectos de aptitud combinatoria específica para ASI en siete localidades.....	73
31	Efectos de aptitud combinatoria específica para ASI en cuatro localidades sin estrés.....	73
32	Efectos de aptitud combinatoria específica para ASI en tres localidades con estrés.....	74
33	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de planta en siete localidades.....	74
34	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de planta en cinco localidades sin estrés.....	75
35	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de planta en tres localidades con estrés.....	75
36	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca en siete localidades.....	76
37	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca en cinco localidades sin estrés.....	76
38	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca en tres localidades con estrés.....	77
39	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca/altura de planta siete localidades.....	80
40	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca/altura de planta en cinco localidades sin estrés.....	80
41	Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca/altura de planta en tres localidades	

	con estrés.....	81
42	Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de raíz en ocho localidades.....	81
43	Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de raíz en cinco localidades sin estrés.....	82
44	Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de raíz en tres localidades con estrés.....	82
45	Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de tallo en ocho localidades.....	83
46	Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de tallo en cinco localidades sin estrés.....	83
47	Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de tallo en tres localidades con estrés.....	84
48	Efectos de aptitud combinatoria específica para mazorcas por planta en ocho localidades.....	84
49	Efectos de aptitud combinatoria específica para mazorcas por planta en cinco localidades sin estrés.....	85
50	Efectos de aptitud combinatoria específica para mazorcas por planta en tres localidades con estrés.....	85
51	Efectos de aptitud combinatoria específica para pudrición de mazorca en ocho localidades.....	86
52	Efectos de aptitud combinatoria específica para pudrición de mazorca en cinco localidades sin estrés.....	86
53	Efectos de aptitud combinatoria específica para pudrición de mazorca en tres localidades con estrés.....	87
54	Efectos de aptitud combinatoria específica para humedad en ocho localidades.....	87
55	Efectos de aptitud combinatoria específica para humedad en cinco localidades sin estrés.....	88
56	Efectos de Aptitud Combinatoria Específica para humedad en tres localidades con estrés.....	88

57	Análisis de varianza de parámetros de estabilidad par el carácter rendimiento de grano en ocho localidades..	90
58	Media de rendimiento de grano, coeficiente de regresión b_i y desviaciones de regresión S^2_{di} de cruzas en ocho localidades.....	92
58B	Porcentaje de cruzas de cada línea dentro del grupo de alto rendimiento, del grupo de estables y del grupo de consistentes, en el análisis de ocho localidades.....	95
59B	Porcentaje de cruzas en los grupos de alto rendimiento, grupo de cruzas estables y grupo de cruzas consistentes aportadas según el grado de tolerancia a la sequía, en el análisis de ocho localidades.....	95
59	Coeficientes de correlación entre la media de rendimiento de grano y su coeficiente de regresión entre diferentes grupos de cruzas considerando la resistencia a condiciones adversas en ocho localidades.....	97
60	Coeficientes de correlación entre la media de rendimiento de grano y su coeficiente de regresión entre las 66 cruzas bajo condiciones adversas en tres localidades.....	98
61	Análisis de varianza de parámetros de estabilidad para el carácter ASI, en ocho localidades.....	100
62	Media del carácter ASI, coeficiente de regresión b_i y Desviaciones de regresión S^2_{di} de las cruzas en ocho localidades.....	102
63	Análisis de varianza de parámetros de estabilidad para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.....	104
64	Media de número de mazorcas por planta, coeficiente de regresión b_i y desviaciones de regresión S^2_{di} de las cruzas en ocho localidades.....	106
65	Correlaciones fenotípicas entre medias, coeficientes de regresión y desviaciones de regresión de los caracteres rendimiento, ASI y número de mazorcas por planta.....	109
66	Valores de Ecovalencia (W^2) de las cruzas para	

	el carácter rendimiento de grano en ocho localidades.....	113
67	Valores de Ecovalencia (W^2) de las cruzas para el carácter sincronía floral en siete localidades.....	115
68	Valores de Ecovalencia (W^2) de las cruzas para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.....	116
69	Valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) y media, de las cruzas, para el carácter rendimiento de grano en ocho localidades.....	118
70	Valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) y media de las cruzas, para el carácter ASI en siete localidades.....	120
71	Valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) y media, de las cruzas, para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.....	121
72	Valores del Índice de estabilidad que incluye media, coeficiente de regresión (b), desviaciones de regresión (S^2_{di}), Ecovalencia de Wricke (W^2) y estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter rendimiento de grano en ocho localidades.....	123
73	Correlaciones entre la media, coeficiente de regresión (b), desviaciones de regresión (S^2_{di}), ecovalencia de Wricke (W^2), S^3 de Huhn y el índice de estabilidad para el carácter rendimiento de grano.....	125
74	Valores del Índice de estabilidad que incluye media, coeficiente de regresión (b), desviaciones de regresión (S^2_{di}), Ecovalencia de Wricke (W^2) y estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter ASI en ocho localidades.....	127
75	Correlaciones entre la media, coeficiente de regresión (b), desviaciones de regresión S^2_{di} , ecovalencia de Wricke (W^2), S^3 de Huhn y el índice de estabilidad para el carácter ASI.....	128
76	Valores del Índice de estabilidad que incluye media, coeficiente de regresión (b), desviaciones de regresión (S^2_{di}), Ecovalencia de Wricke (W^2) y estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.....	130

77	Correlaciones entre la media, coeficiente de regresión (b), desviaciones de regresión (S^2_{di}), ecovalencia de Wricke (W^2), S^3 de Huhun y el índice de estabilidad para el carácter número de mazorcas por planta.....	131
78	Análisis de regresión mediante el procedimiento de Stepwise para el desarrollo de modelo de predicción bajo condiciones de estrés, tres localidades.....	133
79	Prueba de hipótesis para intersección y variables seleccionadas en el modelo bajo condiciones adversas.....	133
80	Análisis de regresión mediante el procedimiento de Stepwise para el desarrollo de modelo de predicción bajo condiciones sin estrés, siete localidades.....	135
81	Prueba de hipótesis para intersección y variables seleccionadas en el modelo bajo condiciones sin estrés, siete localidades.....	135

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

CUADRO	DESCRIPCIÓN	PAGINA
1 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento caracteres agronómicos Ameca Jal., P-V 1997 condiciones normales.....	150
2 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Cotaxtla Ver., P-V 1997 condiciones normales.....	150
3 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Poza Rica Ver., P-V 1997 condiciones normales.....	151
4 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Tlaltizapan, Mor., P-V 1997 condiciones normales.....	151
5 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Tlaltizapan, Mor., O-I (97-98) condiciones riego.....	152
6 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Poza rica, Ver., P-V 1997 condiciones de bajo Nitrógeno.....	152
7 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Obregón, Son., P-V 1997 condiciones estrés de calor.....	153
8 A	Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Tlaltizapan, Mor., O-I (97-98) condiciones sequía intermedia.....	153
9 A	Efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento, por localidad.....	154
10 A	Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor masculina, por localidad.....	154
11 A	Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor femenina, por localidad.....	155

12 A	Efectos de aptitud combinatoria general para ASI, por localidad.....	155
13 A	Efectos de aptitud combinatoria general para altura de planta, por localidad.....	156
14 A	Efectos de aptitud combinatoria general para altura de mazorca, por localidad.....	156
15 A	Efectos de aptitud combinatoria general para altura de mazorca/altura planta, por localidad.....	157
16 A	Efectos de aptitud combinatoria general para acame de raíz, por localidad.....	157
17 A	Efectos de aptitud combinatoria general para acame de tallo, por localidad.....	158
18 A	Efectos de aptitud combinatoria general para número de mazorcas por planta, por localidad.....	158
19 A	Efectos de aptitud combinatoria general para pudrición de mazorcas, por localidad.....	159
20 A	Efectos de aptitud combinatoria general para % de humedad, por localidad.....	159
21 A	Genealogías de las cruzas del diseño dialélico y testigos.....	160

RESUMEN

La sequía es el factor abiótico que más pérdidas de rendimiento de grano de maíz ocasiona en las áreas del norte, tropicales y subtropicales de México, después de la deficiencia de nitrógeno en el suelo. El tipo de sequía que más afecta al rendimiento, es la que se presenta en forma previa y/o durante la floración, lo que ocasiona un que se retarde la floración femenina y haya un incremento en el intervalo de la floración masculina con relación a la femenina, intervalo conocido también como ASI (anthesis-silking interval). Esta asincronía se conoce como la fuente de mayor reducción de rendimiento de grano en maíz (Bolaños *et al*, 1993a), de tal forma que durante el desarrollo de híbridos seleccionados bajo condiciones de sequía para un ASI más reducido y un mayor número de mazorcas por planta, se mejora en forma paralela el rendimiento de grano y la tolerancia a la sequía (Edmeades *et al*, 1995).

Lo anterior justifica desarrollar variedades e híbridos resistentes a la sequía, por lo que es indispensable conocer la aptitud combinatoria de las líneas y evaluar la estabilidad de las cruzas en ambientes contrastantes de estrés para seleccionar las de comportamiento más estable, por lo que los objetivos del presente trabajo son los siguientes: 1) Estimar la aptitud combinatoria de 12 líneas puras de maíz (tres de ellas resistentes, cinco tolerantes y dos susceptibles a la sequía y tres tolerantes a la endogamia) mediante un diseño dialélico del tipo 4 de Griffing (1956), evaluado en cuatro localidades bajo condiciones de temporal, una bajo riego y tres en condiciones de estrés, bajo la hipótesis de que la aptitud combinatoria general y la aptitud combinatoria específica no se modifican al evaluarse en ambientes con estrés y sin estrés. 2) Determinar los parámetros de estabilidad de las cruzas conforme a su

tolerancia a la sequía y clasificarlas con base a un índice de estabilidad desarrollado a partir de: la media de rendimiento a través de localidades, el coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión, propuestos por Eberhart y Russell (1966), la ecovalencia de Wricke (1960) y el estadístico no paramétrico de Huhn basado en los rangos de rendimiento de las cruzas. Bajo la hipótesis que se plantea, se espera, que la estabilidad de los híbridos formados por líneas desarrollados bajo sequía sea igual a la de aquellos híbridos formados por líneas susceptibles a estrés y las resistentes a la endogamia. 3) Desarrollar un modelo de predicción mediante regresión múltiple que explique el rendimiento de grano de maíz bajo condiciones de estrés y no estrés. Se espera encontrar otras variables que expliquen dicho rendimiento, además del ASI y las mazorcas por planta.

En los resultados se encontró que la varianza de la aptitud combinatoria general (ACG) para el rendimiento y 11 caracteres agronómicos estudiados fue mayor que la varianza de la aptitud combinatoria específica (ACE) en todos los casos. La varianza de ACG para rendimiento se modificó, y fue menor cuando se evaluó en condiciones de estrés que bajo condiciones normales, mientras que la ACE mantuvo valores similares en los dos tipos de ambientes pero la tendencia fue también la de ser menor en condiciones de estrés.

Con relación a la estabilidad de las cruzas, se encontró que las líneas tolerantes y las resistentes a la sequía, aportaron un mayor número de cruzas al grupo de alto rendimiento y estables, en comparación con las líneas susceptibles a la sequía. La correlación positiva entre la media de rendimiento de grano y su coeficiente de

regresión no desapareció en la evaluación de las cruzas en las ocho localidades, aunque hubo una tendencia a reducirse conforme aumentó el grado de resistencia de las líneas a la sequía. Se encontraron dos modelos de regresión para explicar el rendimiento en condiciones adversas y en condiciones favorables, en ambos modelos apareció el carácter número de mazorcas por planta como una característica importante asociada a rendimiento. El carácter sincronía floral o ASI no se detectó como importante en dichos modelos.

CUCBA**BIBLIOTECA CENTRAL**

1. INTRODUCCION

La sequía y el bajo contenido de nitrógeno en el suelo son los factores abióticos que más pérdidas de rendimiento de grano de maíz ocasionan en las áreas tropicales y subtropicales del mundo. La cantidad de lluvia y la distribución de esta durante el ciclo generalmente no es uniforme, por lo que se presentan períodos de sequía durante el ciclo de crecimiento del cultivo. En México, más del 80% del área cultivada depende de la lluvia y en la mayor parte del país se presenta un intervalo de sequía cuando las plantas de maíz están en floración o próximas a ésta, de tal forma que cuando se presenta la sequía ocurre un retardo en la floración femenina y hay un incremento en el intervalo de la floración masculina con relación a la femenina (ASI). Esta asincronía se conoce como la fuente de mayor reducción en el rendimiento de grano del maíz (Bolaños *et al.* 1993a).

Una opción para solucionar este problema es el desarrollo de poblaciones e híbridos que sean resistentes a la sequía y que tengan mayor estabilidad genética que los maíces actuales. Edmeades *et al.* (1995) han demostrado que si se selecciona bajo condiciones de sequía para un menor intervalo en la floración masculina-femenina (ASI reducido) y un mayor número de mazorcas por planta se mejora en forma paralela el rendimiento de grano y la tolerancia a la sequía. Los avances de la selección en el desarrollo de poblaciones tolerantes al estrés de la sequía han mostrado incrementos significativos del rendimiento bajo condiciones adversas (sin bajar los rendimientos en condiciones de buena humedad) bajo esquemas de selección recurrente, aprovechando principalmente la varianza aditiva de los caracteres en selección (Bolaños y Edmeades 1993a, Bolaños y Edmeades 1993b y Bolaños *et al.* 1993). En la formación de híbridos se ha demostrado que al derivar líneas de poblaciones tolerantes a la sequía, se incrementa la probabilidad de que los híbridos formados por estas líneas sean también tolerantes a dicho estrés (Edmeades *et al.* 1995).

En la planeación de los programas de mejoramiento de maíz es prioritario determinar si las líneas derivadas de las poblaciones tolerantes a la sequía transmiten esta característica a los híbridos formados con dichas líneas, por lo que es importante generar información sobre la aptitud combinatoria general y específica de las líneas progenitoras, así como del comportamiento de los híbridos a través de ambientes favorables y desfavorables. Se esperaría que los híbridos formados con las líneas resistentes a la sequía tuvieran mayor estabilidad genética que los de líneas normales, y si existe una asociación positiva entre la media del rendimiento del híbrido y su coeficiente de regresión o parámetro de estabilidad como lo han sugerido Fripp y Caten (1973), ésta tendería a desaparecer debido a que se seleccionaron conjuntamente genes para rendimiento y genes de estabilidad a través de ambientes, por lo que los objetivos del presente estudio son:

- i) Estimar la aptitud combinatoria de un grupo de líneas resistentes, tolerantes y susceptibles a la sequía desarrolladas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- ii) Determinar los parámetros de estabilidad de los diferentes tipos de cruzas y clasificarlas de acuerdo a un índice de estabilidad.
- iii) Determinar las correlaciones entre los parámetros de estabilidad y las medias de rendimiento de los híbridos.
- iv) Desarrollar un modelo de predicción que explique el rendimiento de grano bajo condiciones de estrés y no estrés.

Las hipótesis en las que se basa el presente estudio, son las siguientes:

Los valores de la aptitud combinatoria general y la aptitud combinatoria específica, permanecen constantes cuando se estiman en ambientes con condiciones normales de humedad y bajo condiciones de estrés.

La estabilidad genética de los híbridos formados con líneas desarrolladas bajo sequía es igual a la de aquellos formados con líneas desarrolladas bajo tolerancia a la endogamia o en condiciones normales.

En el caso de los híbridos formados con líneas resistentes a la sequía, la correlación entre los parámetros de estabilidad y la media es estadísticamente igual a cero.

El rendimiento es explicado en un 100 % por los caracteres: Sincronía floral, días a flor masculina, días a flor femenina, mazorcas por planta, pudrición de mazorca, aspecto de mazorca, altura de planta, altura de mazorca y acame, en condiciones contrastantes de humedad.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estrés abiótico y de sequía

Levitt (1972) menciona que los biólogos han adoptado el término estrés para cualquier factor ambiental potencialmente desfavorable para los organismos vivos, y el término resistencia al estrés como la capacidad de las plantas de sobrevivir al factor desfavorable. El mismo autor estableció que el estrés biológico puede ser definido como cualquier factor ambiental capaz de inducir una tensión potencialmente dañina a los organismos vivos.

Por lo menos hay ocho tipos de estrés abiótico, entre los cuales se encuentran: el ocasionado por el agua (sequía o inundación), la temperatura (baja o alta), la radiación (rayos UV), efectos químicos (sales, gases, herbicidas, insecticidas), el viento, la presión barométrica, el sonido, y el magnetismo. El grado de resistencia que las plantas pueden desarrollar es variable para sobrevivir al estrés (Levitt, 1972).

El estrés de sequía consiste en el déficit de agua al cual se exponen las plantas en la naturaleza, y este puede producir una tensión elástica (reversible) de deshidratación inofensiva, que consiste en un déficit de transferencia del agua o deshidratación, pero también puede producir al menos cuatro tipos de tensión nociva entre las cuales se encuentran: 1) la tensión elástica o reversible de crecimiento, 2) la tensión secundaria, 3) la tensión plástica (irreversible) indirecta y 5) la tensión plástica directa (Levitt 1972).

1) La tensión elástica de crecimiento a pesar de no ser nociva *per se*, puede serlo indirectamente, al limitar la capacidad de la planta en la formación de nuevas raíces para la búsqueda de humedad en el suelo.

2) La tensión secundaria puede causar estrés nocivo afectando otros caracteres tales como la asimilación del fósforo, lo cual puede causar una tensión elástica o plástica, según la magnitud del daño.

3) La tensión indirecta plástica puede provocar inanición por haber más respiración que fotosíntesis debido a que la sequía afecta la tasa de respiración y que ésta depende de la cantidad de agua perdida. Por otra parte, esta tensión puede provocar el derrumbe en la producción de proteínas, la inactivación de enzimas y la reducción en la síntesis de ARN.

4) La tensión plástica directa causa una pseudo plasmólisis y ruptura de las células, ya sea al deshidratarse o al rehumedecerse, además de causar inactivación de enzimas en forma irreversible (Levitt, 1972).

Levitt (1972) clasifica la resistencia a la sequía en dos tipos diferentes: 1) prevención o evitación y 2) tolerancia al estrés de sequía.

1) En la prevención, la planta es capaz de evitar el estrés parcial o completamente ya sea por medio de barreras físicas que protegen las células del estrés o por un estado estable de exclusión del estrés (barreras químicas o metabólicas como la precocidad). Por definición, el individuo debe mantener un alto potencial del agua cuando se expone a un estrés externo de agua en contraste con la tolerancia, la cual es desarrollada debido a los efectos de la sequía en los procesos fisiológicos: la prevención es por naturaleza morfológica-anatómica. La prevención de la sequía, permite a la planta evitar los diferentes tipos de daño causados por la sequía.

2) La tolerancia al estrés es una resistencia debida a la capacidad de la planta de llegar al equilibrio termodinámico con el estrés sin sufrir daño. En consecuencia la planta con tolerancia es capaz de prevenir, reducir o reparar la tensión inducida por el estrés.

La tolerancia a la sequía es altamente específica con relación a los daños que ocasiona dicho estrés, de tal forma que hay por lo menos cinco tipos posibles de tolerancia (de estrés primario), los cuales son:

- 1) Prevención de la tensión elástica de crecimiento (y turgencia).
- 2) Prevención de la tensión plástica indirecta en el metabolismo (evita inanición y pérdida de proteínas).
- 3) Tolerancia de la tensión plástica indirecta en el metabolismo (tolerancia a la inanición y pérdida de proteínas).
- 4) Prevención de la tensión plástica directa.
- 5) Tolerancia a la tensión plástica directa.

Como se puede observar, los primeros dos tipos son básicamente una prevención de la deshidratación, mientras los tres últimos, son una tolerancia a la deshidratación.

2.2 Efectos de la sequía en el rendimiento del maíz

En el cultivo del maíz, el período de la antesis es bastante vulnerable ya que el bajo potencial de agua en la planta puede causar una asincronía en el desarrollo de las inflorescencias masculina y femenina, afectando la polinización (Herrero y Jonson, 1981). Lo anterior ocasiona una reducción drástica en el rendimiento de grano (Westgate y Boyer, 1985) y daños en el desarrollo de los ovarios y en la función de los estigmas (Bassetti y Westgate, 1993).

Por otra parte, se ha observado en condiciones de bajo potencial de agua que aun cuando haya polinización, no hay formación de grano (Westgate y Boyer, 1985), esto es importante ya que a pesar de que el desarrollo floral es aparentemente normal, hay fallas en el crecimiento del grano. Westgate y Boyer (1986) sugirieron que la causa de esta falla se debe a la falta de fotosintátos mas que al bloqueo de la translocación de éstos cuando

se presentan bajos potenciales de agua en el período de la antesis. Boyle *et al.*, (1991) confirmaron que la causa de las fallas reproductivas en la planta de maíz es debido a la falta de provisión de fotosintatos y no al bajo potencial de agua *per se* en la antesis.

La baja del rendimiento en condiciones de sequía se ha asociado a la reducción de número de granos mas que al decremento del peso del grano individual (Ouattar *et al.*, 1987). Por su parte, Schussler y Westgate (1991) encontraron una reducción en el número de granos por mazorca de 48 y 99% en condiciones moderadas y severas de déficit de agua, respectivamente, en comparación con el testigo. Los mismos autores obtuvieron resultados similares aplicando tratamientos de sombreado de la planta, por lo que concluyen que el desarrollo temprano del grano es altamente dependiente del suplemento continuo de carbohidratos producidos por la fotosíntesis y que los déficit de agua incrementan la probabilidad de fallas en dicho desarrollo limitando la suplementación.

Westgate (1994) señaló que aún cuando el déficit de agua durante la antesis reduce drásticamente los rendimientos de grano en el maíz, la sequía durante el período de llenado de grano también afecta el rendimiento, ya que reduce la masa final del grano provocando una desecación prematura del endospermo y limitando el volumen del embrión.

2.3 Herencia de la resistencia a sequía

Honson y Nelsen (1990) mencionaron que la naturaleza cuantitativa de los componentes de la resistencia a sequía es compleja, por tal razón deben dividirse dichos componentes antes de empezar la investigación fisiológica y genética y sugirieron cinco etapas conceptuales para el análisis de los componentes de la resistencia en cualquier cultivo los cuales se presentan a continuación:

- a) Una amplia definición del efecto de la sequía a través del ciclo de vida del cultivo y la descripción cualitativa de las estrategias disponibles para lidiar con la sequía.
- b) La identificación de caracteres medibles, favorables y no favorables que determinan respuestas a tipos específicos de tensión de la planta por causas de la sequía, especialmente en fases de crecimiento crítico.
- c) La investigación de las respuestas fisiológicas a la sequía en condiciones ambientales controladas y el desarrollo de pruebas rápidas y seguras para identificar los componentes que controlan la resistencia a la sequía.
- d) El estudio de la variación natural existente de estos caracteres (componentes) disponibles en las colecciones mundiales de germoplasma de especies agrícolas y las de sus especies autóctonas relacionadas (parientes silvestres).
- e) El estudio de las formas de heredar los caracteres y el desarrollo de un programa basado en criterios de pruebas fisiológicas (y de fitomejoramiento) con líneas puras o con poblaciones resistentes a los tipos específicos de sequía, con pruebas de campo para hacer válidos los criterios de selección adoptados.

De lo anterior se deduce la importancia de conocer si el carácter en estudio es cualitativo o cuantitativo, así como el tipo de acción génica y su heredabilidad.

En el caso de la resistencia a sequía Betrán *et al.* (1997) comprobaron que bajo condiciones de sequía severa los efectos de la aptitud combinatoria general (ACG) para el carácter rendimiento de grano fueron más importantes que los de aptitud combinatoria específica. La importancia relativa de la ACG vs la ACE expresada como cociente de la varianza debida a los efectos aditivos y la varianza genética, se incrementó de acuerdo con el nivel de estrés de 0.62 para ambiente de riego a 0.86 en ambiente de sequía severa).

Beck *et al* (1998) reportaron resultados similares en cuanto a la reducción de varianzas al comparar ambientes de riego con ambientes de sequía severa. e incrementos de la proporción de varianza aditiva sobre la varianza genética de 0.70 en condiciones de riego a 2.58 en sequía severa.

Lo anterior sugiere que el carácter está determinado por efectos cuantitativos aditivos, y que estos son más importantes que los de dominancia en la expresión de la tolerancia a sequía, y la necesidad de que en la formación de híbridos debe haber cierto grado de resistencia en ambos progenitores.

En condición severa de sequía, la heredabilidad del rendimiento disminuye comparada con la heredabilidad en condiciones de buena humedad. lo que confirma la dificultad de seleccionar genotipos de altos rendimientos bajo condiciones de sequía: esta problemática obliga a buscar caracteres indirectos para seleccionar resistencia a sequía con el objeto de incrementar los rendimientos de grano de maíz.

Edmeades *et al.* (1997) llamaron a los caracteres indirectos como secundarios y las características que estos debieran tener son:

- a) Genéticamente variables y asociados con rendimiento de grano en el ambiente objetivo.
- b) Altamente heredables.
- c) Fáciles de medir.
- d) Observables a la floración o antes de la floración.
- e) Que proporcionen una estimación buena del potencial de rendimiento antes de la cosecha.

Los caracteres más correlacionados genéticamente (r_g) con el rendimiento de grano bajo estrés, encontrados por estos investigadores fueron: número de mazorcas por planta ($r_g=0.90$), granos por planta ($r_g=0.86$), granos por mazorca ($r_g=0.71$), días a floración masculina ($r_g=-0.58$) y el intervalo floración masculina-femenina (ASI) ($r_g=-0.60$).

Los caracteres mazorcas por planta, granos por planta y el ASI, fueron los más importantes debido a su correlación estrecha con rendimiento, a su heredabilidad relativamente más alta, y el menor costo para determinarlos.

En otro estudio Bolaños y Edmeades (1997), determinaron los modelos de regresión con los caracteres secundarios que mejor explican al rendimiento de grano bajo condiciones de estrés, siendo los mejores los siguientes:

$$R = e^{(-2.88+3.85 \cdot \text{mazorcas por planta})} \quad r^2 = 0.94$$

$$R = -0.94 + 0.12 (\text{granos por mazorca}) \quad r^2 = 0.89$$

$$R = -1.67 + 0.02 (\text{peso de granos}) \quad r^2 = 0.74$$

$$R = e^{(2.45-1.68 (\text{ASI}+1))} \quad r^2 = 0.70$$

Lo anterior indica que para seleccionar resistencia a la sequía mediante caracteres secundarios asociados con el rendimiento, los más recomendables bajo condiciones de sequía son: número de mazorcas por planta y el intervalo en la floración (ASI), debido a que estos pueden ser observados en la etapa de la floración y fáciles de determinar.

2.4 Estrategias de mejoramiento bajo estrés de sequía

Manejo del estrés de sequía.

En cuanto al manejo de estrés por sequía el objetivo principal del mejoramiento genético es aumentar los rendimientos mediante la selección de los genes que contribuyen directamente a la mayor producción; sin embargo se deben tomar en cuenta los diferentes ambientes donde van a ser sembrados los genotipos liberados. En México, es frecuente la falta de lluvia en la etapa de la floración del maíz en la cual la planta es más susceptible, y por otra parte hay localidades dentro de la misma área con condiciones favorables de riego de tal forma que se deben considerar los dos tipos de ambientes en forma simultánea para la selección de los genotipos.

Lo anterior implica la selección de ambientes con estrés adecuado, es decir, una localidad libre de lluvia en Invierno con posibilidad de riego controlado y definir el nivel de estrés que se quiera aplicar a la población. El estrés puede variar de severo (si se quiere que se manifieste la variación genética de caracteres como plantas sin mazorca y el intervalo de la floración masculina con la femenina o (ASI), intermedio para que se manifiesten los caracteres rendimiento de grano, senescencia de la hoja y ASI, y finalmente sin estrés el ambiente bien regado, para asegurar que el rendimiento de grano no se pierda durante el proceso de selección y poder observar otros caracteres agronómicos (Beck *et al.*, 1998).

Con relación a los métodos de mejoramiento, dependerán de si se quieren desarrollar poblaciones mejoradas y/o híbridos. Sin embargo la selección recurrente es el método que ofrece más probabilidades en la acumulación de genes para la resistencia a la sequía, por lo que se sugiere el método de selección recíproca recurrente ya que da la ventaja de mejorar las poblaciones y además extraer líneas para la formación de híbridos (Bolaños y Edmeades, 1993a; Bolaños y Edmeades, 1993b; Bolaños *et al.*, 1993)

por otra parte, es el método que mejor aprovecha los efectos aditivos de la resistencia y los de dominancia para el rendimiento y la heterosis.

Para incrementar la eficiencia de la selección de las mejores familias o líneas resistentes a la sequía, es importante establecer índices de selección que incluyan además del rendimiento de grano, a los caracteres secundarios más estrechamente asociados con éste; los mas lógicos como se ha visto serían el ASI y el número de mazorcas por planta.

Beck *et al.* (1997) describieron el índice de selección utilizado para la selección de genotipos superiores en el programa de desarrollo de híbridos y líneas tropicales tolerantes a sequía y bajo nitrógeno en CIMMYT. Dicho índice enfatiza el alto rendimiento de grano bajo sequía severa e intermedia, un ASI reducido bajo sequía intermedia y severa reducción de número de plantas sin mazorcas.

Beck *et al.*(1998) sugirieron varias estrategias de mejoramiento para optimizar el desarrollo de maíces resistentes a condiciones abióticas como lo es la resistencia a la sequía o la de bajo nitrógeno, dichas estrategias son:

- a) Desarrollo de maíz tolerante al estrés bajo condiciones cuidadosamente controladas para sequía y bajo nitrógeno.
- b) Estrategia indirecta considerando la evaluación en multilocalidades de progenies élite en ambientes que representen una muestra aleatoria de la variación en sequía y bajo nitrógeno, que el cultivar encuentre cuando sea liberado.
- c) Selección por caracteres secundarios de resistencia al estrés. asociados al rendimiento, ya sea de uno en uno o incluidos en un índice (Edmeades *et al.*, 1997; Banzinger y Laffite, 1977).
- d) Mejoramiento para tolerancia "general" al estrés mediante manipulación de la alta densidad de siembra, conjuntamente con el comportamiento bajo endogamia, debido

a que estos dos factores proporcionan una forma práctica de estrés abiótico (Vasal et al., 1997).

La evaluación de los genotipos lleva implícito el efecto del genotipo, del medio ambiente y de la interacción genotipo-ambiente, cuando hay más de una localidad, en consecuencia no es fácil conocer la media real del genotipo evaluado. En el caso de las evaluaciones en ambientes con estrés abiótico o en multilocalidades, los coeficientes de variación altos y la imprecisión y la complejidad de los datos, son factores que exigen buscar alternativas de diseños experimentales que puedan partir mejor la variación del error experimental y aumentar la precisión para detectar y separar los efectos de la interacción genético-ambiental.

En 1976, Patterson y Williams desarrollaron una nueva clase de diseño de bloques incompletos con resolución, llamados alfa-látice, látice generalizado o simplemente diseños-alfa. Estos se consideran como una generalización de los látices cuadrados y su principal ventaja es la flexibilidad. Crossa y Edmeades. (1997) señalaron que estos diseños son adecuados ya sea que el número de tratamientos sea un múltiplo del tamaño del bloque o no. Además, cuando las parcelas son largas y estrechas el diseño alfa-látice puede remover la variación debida a las parcelas en el campo.

2.5 Aptitud combinatoria y diseños dialélicos.

La aptitud combinatoria es el comportamiento que tiene una línea o un grupo de líneas en combinaciones híbridas y se evalúa a través de cruzas llamadas mestizos o cruzas de línea por probador.

Sprague y Tatum (1942) clasificaron dicha aptitud en general y específica y establecieron que el término de aptitud combinatoria general (ACG) se use para designar el comportamiento promedio de una línea en diferentes combinaciones híbridas, mientras que el término de aptitud combinatoria específica (ACE) es para aquellos casos en los

cuales ciertas combinaciones son relativamente mejores o peores de lo que se esperaría en el comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Por otra parte, Sprague y Tatum (1942) mencionaron que la varianza de la ACG da información sobre la importancia de los genes con efectos principalmente aditivos, mientras que los valores de varianza de la ACE dependen de genes con efectos de dominancia o epistáticos del tipo aditivo x dominancia y dominancia x dominancia.

Los diseños dialélicos son sistemas de apareamiento en donde se cruzan p número de progenitores por pares y posteriormente se evalúan para hacer inferencias sobre el tipo de acción génica y aptitud combinatoria (Hayman, 1954).

Martínez (1983) mencionó que el empleo actual de las cruzas dialélicas se originó en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general y específica establecidos por Sprague y Tatum en 1942, y han sido útiles en la toma de decisiones en los programas de mejoramiento en cuanto al uso de la variación genética presente en las poblaciones fuente de líneas.

Hayman (1960) destacó que la teoría y el análisis de las cruzas dialélicas ha tenido tres enfoques en la forma de atacar al problema:

1. En cuanto al material de investigación: si son una muestra predeterminada de líneas o si es una muestra al azar; y es aquí en donde ocurre la línea divisoria principal entre los métodos de Kempthorne (1956) y los de Hayman (1954, 1957, 1958) y Jinks (1954), en donde el primero expresa las formulas en términos de los parámetros de las poblaciones de apareamiento aleatorio en donde las líneas se pueden considerar una muestra, mientras que Hayman y Jinks se concentran en un conjunto particular de líneas.

2. En el mecanismo genético fundamental considerado, en el cual Hayman y Jinks trabajan en términos de modelos generales de genes múltiples y cinco componentes de variación genética, mientras que Griffing (1956 y 1958) enfatizó los conceptos estadísticos de ACG y ACE con la consecuente pérdida de información genética. Kempthorne (1956) y Matzinger y Kempthorne (1956) se enfocaron al modelo genético fundamental.
3. En relación a los métodos de estimación, Griffing y Kempthorne difirieron de Hayman y Jinks en que los primeros hacen uso de la tabla dialéctica, en tanto que los segundos se basan en la división de la variación génica en cinco componentes.

Griffing (1956) discutió en detalle el concepto sobre la aptitud combinatoria en relación a los sistemas de cruza dialécticas. Consideró cuatro métodos diferentes, de acuerdo al número de materiales que entran en la evaluación y al considerar dos tipos de supuestos con relación a la naturaleza del muestreo del material experimental.

Respecto a los tipos de sistemas de cruzamiento, señaló cuatro métodos posibles con diferente forma de análisis:

1. Este método comprende el grupo de las cruza F_1 posibles en ambos sentidos (directas y recíprocas) más los progenitores (las p^2 combinaciones).
2. Se incluyen las cruza F_1 posibles y los progenitores [$\frac{1}{2} p(p + 1)$]. No se incluyen las cruza recíprocas.
3. Se incluyen las cruza F_1 posibles en ambos sentidos. directas y recíprocas [$p(p - 1)$] no se incluyen los progenitores.
4. Contempla solo las cruza F_1 excluyendo las cruza recíprocas y a los progenitores [$p(p-1)/2$].

Con relación al supuesto de muestreo es necesario distinguir entre dos aspectos: uno en donde las líneas o el material experimental son una muestra aleatoria de alguna población, a la cual se quiere hacer inferencias, y el otro en el cual las líneas se escogen en forma deliberada sin ser tomadas como muestra aleatoria de alguna población. En el primer caso los efectos genotípicos son considerados como variables aleatorias, mientras, en el segundo caso, se consideran como constantes.

Cuando se considera el diseño experimental para evaluar los materiales, se genera nuevos supuestos relacionados a los efectos de la variedad (genotipo) con los efectos de los bloques, éstos son:

1. Los efectos de variedades y bloques son constantes.
2. Los efectos de variedades son variables aleatorias y los de bloques constantes.
3. Los efectos de las variedades son constantes y los de bloques variables aleatorias.
4. Los efectos de variedades y bloques son variables aleatorias.

El primer supuesto lleva a un modelo llamado modelo I o de efectos fijos, y el último a un modelo II de efectos aleatorios. El segundo y tercer supuestos llevan a un modelo de efectos mixtos.

En el modelo I el objetivo principal es comparar la aptitud combinatoria de los progenitores, cuando éstos se utilizan como probadores y también para identificar las combinaciones más rendidoras. Para la prueba de hipótesis es necesario suponer que sólo los errores (e_{ijkl}) se distribuyen en forma normal e independiente con media cero y varianza σ^2 .

En el modelo II el objetivo es estimar los componentes genético y ambiental de la compleja varianza de la población, se supone que los efectos en el modelo se distribuyen en forma normal e independiente con media cero y varianza σ^2 .

Hinkelman (1977) presentó una discusión bastante amplia sobre la información que se obtiene de los diseños dialélicos y cruza múltiplos y señaló que se debe distinguir claramente si el experimento dialélico es para efecto comparativo o exploratorio. Por otra parte, postuló varios puntos generales acerca del análisis de dialélicos importantes para su correcta inferencia.

Martínez (1983) presentó una amplia revisión relacionada a la teoría de las cruza dialélicas, así como el análisis de los diseños dialélicos, explicando en forma didáctica el manejo de los programas DIALL y DIALLC desarrollados por Schaffer y Usanis (1969), para el procesamiento en computadora de dichos diseños. Por otra parte, presentó las ventajas y desventajas de los diseños de Griffing y menciona, entre otras, que los diseños discutidos son útiles cuando el número de líneas progenitoras es pequeño; sin embargo, a medida que éste número se incrementa, el número de las cruza resultante se torna inadecuado aún con el esquema más sencillo (el diseño 4), además de que la estimación de los componentes de la varianza no se logra con la misma precisión.

2.6 Interacción Genotipo-Ambiente

La interacción del genotipo con el ambiente ha sido un factor de gran importancia en la reducción de las ganancias de selección en familias o híbridos de maíz y eso se agrava cuando se trata de seleccionar genotipos que se adapten a condiciones favorables y desfavorables como son los ambientes con sequía.

Por lo general, los criterios utilizados para seleccionar altos rendimientos y genotipos estables han sido: la media de rendimiento, la respuesta de regresión de la media de rendimiento con la media ambiental y las desviaciones de regresión (Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966; Langer *et al.*, 1979).

Finlay y Wilkinson (1963) propusieron que los valores de regresión cercanos a cero indicaron un comportamiento estable, mientras que Eberhart y Russell (1966) hicieron ver que las variedades con un coeficiente de regresión menor de uno usualmente tienen medias de rendimiento debajo de la media general y que la selección para coeficientes de regresión cercanos a uno dan como resultado baja medias de rendimiento, por lo que sugirieron la selección para medias altas de rendimiento. coeficientes de regresión iguales a la unidad y desviaciones de regresión cercanas a cero. El problema con lo anterior, es que se ha encontrado que hay correlación positiva entre la media de rendimiento y el coeficiente de regresión (Fripp y Caten, 1973; Langer *et al.*, 1979), por lo que es difícil lograr genotipos estables ($b = 1$) y con media de rendimiento alta.

Rosielle y Hamblin (1981) presentaron una discusión teórica sobre los aspectos de selección del rendimiento en ambientes de estrés y no estrés, basados en la tolerancia al estrés y la media de productividad. Ellos encontraron que la selección por tolerancia al estrés (definida la tolerancia como la diferencia del rendimiento entre el ambiente de estrés y el de no estrés), generalmente resulta en una reducción de la media de rendimiento en el ambiente de no estrés y en una reducción de la media de productividad (definida la productividad como el promedio de rendimiento entre los ambientes de estrés y no estrés), mientras que la selección mediante la media de productividad generalmente incrementará la media de rendimiento en ambos ambientes de estrés y no estrés. La tolerancia y la media de productividad mostraron correlaciones genéticas negativas cuando la varianza genética en ambientes de estrés es menor a la varianza genética en ambientes de no estrés. Por lo anterior concluyeron que estos resultados explican la correlación positiva que se encuentra a menudo entre el coeficiente de regresión de estabilidad y la media de la productividad. de tal forma. que una línea con alta tolerancia al estrés normalmente debería tener un coeficiente de regresión de estabilidad bajo y la varianza genética en ambiente de estrés es generalmente más baja que en el ambiente de no estrés.

Byrne *et al.* (1995), al comparar una población de Tuxpeño seleccionada en un ambiente de sequía controlada contra otra seleccionada solo a través de ambientes sin estrés controlado, encontraron que en ambos casos la interacción del ambiente con la tasa lineal de ganancia de rendimiento de grano no fué significativa, lo cual indicó un progreso similar en los dos grupos de poblaciones a través del rango de condiciones ambientales muestreadas. Por otra parte, dos poblaciones de las seleccionadas en el ambiente de sequía fueron las de mayor media de rendimiento y las más estables. Lo anterior sugiere que es posible romper la correlación entre coeficientes de regresión mayor a uno y medias altas de rendimiento cuando se utilizan materiales resistentes a la sequía y que se evalúan en condiciones de estrés.

Crossa y Edmeades (1997) hicieron una relación de métodos para caracterizar la interacción genotipo-ambiente y que pueden ser utilizados en la selección de la resistencia a sequía, por lo que se mencionan a continuación:

- a) Métodos univariados paramétricos, tales como la regresión, parámetros de estabilidad de Eberhart y Russel (1966), ecovalencia de Wricke (1960), y la estabilidad de la varianza de Shukla.
- b) Métodos univariados no paramétricos, que incluyen las técnicas de rangos como el de S^3 de Huhn (1979).
- c) Métodos descriptivos multivariados tales como el análisis de patrones (clasificación y ordenación).
- d) Métodos paramétricos multivariados, tales como el de efectos aditivos principales y el análisis de interacción multiplicativa (AMMI) así como el análisis del modelo multiplicativo o análisis "cluster".

Cada metodología sigue diferentes propósitos ya que algunos de ellos estiman los parámetros de estabilidad, otros se utilizan para agrupar ambientes o genotipos en grupos homogéneos y otros examinan y cuantifican la parte de la interacción

genotipo-ambiente.

Diallo *et al.* (1997) propusieron el uso de índices de estabilidad, utilizando el método de Ecovalencia de Wricke, el método no paramétrico de Huhn y los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell, así como la media de los tratamientos en forma conjunta para seleccionar aquellos genotipos con mayor media de rendimiento de grano y estabilidad más altas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales genéticos

Se utilizaron para el presente trabajo 12 líneas de maíz del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), las cuales se presentan en el Cuadro 1. Las primeras tres líneas fueron desarrolladas mediante el método de pedigrí aplicando un estrés de alta densidad de población y seleccionando aquellas con el menor intervalo de floración masculina-femenina (ASI); esta técnica se considera como método alternativo indirecto de selección para resistencia a sequía. Las líneas 4 a 10 fueron desarrolladas directamente bajo estrés de sequía, y la CML254 seleccionada de la población Tuxpeño Sequía es tolerante y la CML247 seleccionada en el programa tropical y que es totalmente susceptible.

Con las líneas antes mencionadas, se formó un diseño de cruzas dialélicas, obteniéndose 65 de las 66 cruzas posibles directas (sin considerar recíprocas), lo anterior se llevó a cabo durante el ciclo de primavera-Verano 1996 en la Estación Experimental de CIMMYT en la localidad de Tlaltizapán Morelos. Para la cruz que no entró en evaluación, se estimó el rendimiento mediante la técnica propuesta por Eckhardt (1951).

3.2 Localidades de evaluación

Las localidades de evaluación fueron: Tlaltizapán, Mor., Poza Rica, Ver., Cotaxtla, Ver., Obregón, Son. y Ameca, Jal.

Cuatro de las localidades anteriores estuvieron en condiciones de temporal normal y una de riego y tres de ellas en condiciones de estrés, de tal forma que se tuvieron dos grupos de ambientes contrastantes. En el Cuadro 2 se pueden observar las localidades, ciclo y condiciones en que se evaluaron las cruzas del dialélico.

Cuadro 1. Líneas tropicales de maíz de CIMMYT que entraron al dialélico para resistencia a sequía.

Genealogía	Clave	Clasificación *
1. P21C6S1H247-5-B-1-1-2-BBB-1-#*4-5*B	LE21	RE
2. P25(STE)F2-58-B-3--1-##-BB	LE25	RE
3. P22TRS(S2)-2-1-1-1-#-BB-1-BBBB	LE22	RE
4. LPSC3-H1-2-2-2-1-1-##-B-B (CML341)	LSH1	TS
5. LA POSTA SEQC3-H17-1-2-3-1-4-##-BB	LSH17	TS
6. LPSC3-H20-4-1-1-2-3-##-BB (CML340)	LSH20	RS
7. LA POSTA SEQC3-H44-1-1-2-2-1-##-BB	LSH44	TS
8. LPSC3-H297-2-1-1-1-3-##-BB (CML339)	LSH297	RS
9. P43C9-56-1-1-1-3-B-B	L56	TS
10. LPSC3-H36-2-2-2-1-B-B	LSH36	TS
11. Pob21 TUXSEQ-149-2-BBB-##-1-BB-f	CML254	RS
12. Pool 24 (G24F119*G24F54)-6-4-1-1-BB-f	CML247	SS

* RE = Resistente a endogamia y alta densidad de población

TS = Tolerante a sequía

RS = Resistente a sequía

SS = Susceptible a sequía

Cuadro 2. Localidades de evaluación de las cruzas del dialélico, ciclo. y característica de estrés.

Localidad	Experimento	Fecha de siembra	Asnm m	Latitud Norte
Ameca, Jal.	1T	28/06/97	900	20°
Cotaxtla, Ver.	2T	16/07/97	15	19°
Poza Rica, Ver.	3T	17/06/97	60	19°
Tlaltizapán, Mor.	4T	27/06/97	940	18°
Tlaltizapán, Mor.	5R	3/12/97	940	18°
Poza Rica, Ver.	6BN	17/06/97	60	19°
Obregón, Son.	7SC	2/06/97	39	27°
Tlaltizapán, Mor.	8SI	3/12/97	940	18°

T = Temporal

R = Riego

BN = Bajo nitrógeno

SC = Sequía y calor

SI = Sequía intermedia

El tipo de suelo y manejo agronómico de cada localidad se presenta a continuación:

Ameca.

Suelo arcilloso, la fórmula de fertilización fue la 200-60-00, 100 Kg. de Nitrógeno y todo el Fósforo a la siembra y 100 Kg en la etapa de 6-7 hojas. Después de la siembra se aplicó atrazina (2 kg) y un litro de metaloclor por hectárea. El insecticida utilizado fue la Permetrina a una dosis de 0.5 gramos por planta en la etapa de 7-8 hojas. la densidad de población fue de 50.000 plantas por hectárea.

Poza Rica.

Suelo franco arenoso, la fórmula de fertilización fue la 200-80-00 que se aplicó con 75 kilos de Nitrógeno y 80 kg. de Fósforo a la siembra y 125 Kg de nitrógeno en la etapa de 5-6 hojas. Después de la siembra se aplicaron tres kg de atrazina y un litro de metaloclor por hectárea. El insecticida utilizado fue la Permetrina a una dosis de 0.5 gramos por planta en la etapa de 7-8 hojas, la densidad de población fue de 50,000 plantas por hectárea.

Cotaxtla.

Suelo franco limoso, la fórmula de fertilización fue la 200-80-00 que se aplicó con 75 kilos de Nitrógeno y 80 kg. de Fósforo a la siembra y 125 Kg de nitrógeno en la etapa de 5-6 hojas. Después de la siembra se aplicaron tres kg de atrazina y un litro de metaloclor por hectárea. El insecticida utilizado fue la Permetrina a una dosis de 0.5 gramos por planta en la etapa de 7-8 hojas. la densidad de población fue de 50,000 plantas por hectárea.

Obregón.

Suelo arcilloso, la fórmula de fertilización que se aplicó fue la 150-80-00. Después de la siembra se aplicaron cuatro litros por hectárea de Prowal. Los insecticidas utilizados fueron el Lanate a una dosis de un kilogramo por hectárea para el control de trips y cogollero y un litro de Talstar para el control de araña roja, la densidad de población fue de 50,000 plantas por hectárea.

Tlaltizapán.

Suelo arcilloso, la fertilización que se aplicó fue la 275-50-00 con 135 kilos de Nitrógeno y 50 kg De Fósforo a la siembra y 140 Kg de urea en la etapa de 5-6 hojas. Después de la siembra se aplicaron seis litros de Primagran por hectárea. El insecticida utilizado fue el Furadan granulado, aplicando 20 kilogramos por hectárea en la etapa de 7-8 hojas, la densidad de población fue de 50,000 plantas por hectárea.

El manejo del estrés aplicado a las localidades fue como sigue:

Sequía intermedia: suspensión de riegos diez días antes de la floración y solo un riego mas en medio de la etapa de llenado de grano.

Bajo nitrógeno: el terreno fue desnitrógeno. mediante la remoción de la biomasa por varios ciclos. Adicionalmente, se sembró sorgo intercalado con el maíz y removido 2 semanas antes de la floración, no se aplicó fertilizante nitrogenado.

3.3 Variables estudiadas

Las variables consideradas dentro del estudio fueron:

1. Rendimiento de grano (RGR). La producción de grano de maíz se calcula en toneladas por hectárea, a partir del peso de grano por parcela, ajustado al 6% de humedad.
2. Días a floración masculina (DFM). Días transcurridos desde la fecha de siembra hasta el 50% de las plantas con anteras liberando polen.
3. Días a floración femenina (DFF). Días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de los jilotes expusieron los estigmas.
4. Sincronía floral (ASI). Se calculó por diferencia entre los días a flor femenina y los días a flor masculina.
5. Altura de planta (APL). Medida en centímetros, desde el nivel del suelo hasta la base de la espiga.
6. Altura de mazorca (AMAZ). Medida en centímetros desde el nivel del suelo hasta el nudo de la mazorca principal.
7. Altura de mazorca/altura de planta (AMAZ/APL). Calculada mediante la proporción de alturas.
8. Mazorcas por planta (MZPP). Calculada mediante el cociente de número de mazorcas/número de plantas.
9. Porcentaje de acame de raíz (ACAR). Porcentaje de plantas acostadas, con un ángulo de inclinación mayor a 30°, cuantificado a la cosecha.
10. Porcentaje de acame de tallo (ACAT). Porcentaje de plantas con el tallo quebrado o doblado debajo de la mazorca principal, cuantificado al momento de la cosecha.
11. Pudrición de mazorca (PUDM). Estimado en porcentaje de mazorcas podridas, calculado por (número de mazorcas podridas/número de mazorcas totales).
12. Porcentaje de humedad del grano a la cosecha (HUM), estimado mediante

determinador de humedad.

13. Aspecto de mazorca (ASMAZ), determinado mediante escala de calificación del 1 al 5, siendo 1 el mejor y 5 el peor.

3.4 Diseño experimental

Las 65 cruzas del dialélico antes mencionado mas 5 testigos, se evaluaron en un diseño experimental alfa látice con 70 entradas, (Paterson y Williams, 1976) con dos repeticiones por localidad en siete ambientes y solamente tres repeticiones en Poza Rica, Ver en el ensayo de bajo nitrógeno.

3.5 Análisis estadístico

Con el objeto de cumplir con los supuestos del análisis de varianza, se hicieron pruebas de normalidad a todas las variables antes mencionadas, encontrando en todas ellas una distribución normal, por lo que no hubo necesidad de hacer transformaciones estadísticas.

3.5.1 Análisis de varianza

Los análisis de varianza y del dialélico, se llevaron a cabo en el centro de cómputo del CIMMYT. Para el análisis de la aptitud combinatoria y específica del rendimiento de grano y 11 caracteres agronómicos, se siguió el procedimiento de análisis del diseño 4 de Griffing (1956), el cual incluye a las cruzas simples posibles directas, sin incluir progenitores, cruzas recíprocas, ni testigos. Los datos obtenidos para las 12 variables, se analizaron mediante el programa de cómputo DIALL presentado por Martínez (1975).

El modelo estadístico utilizado para el análisis de los dialélicos por localidad es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}.$$

donde:

$i, j = 1, 2, \dots, p$ progenitores

$k = 1, 2, \dots, r$ repeticiones

Y_{ijk} = Valor fenotípico de la ij -ésima cruce o progenitor de la k -ésima repetición.

μ = Media de la población.

g_i = Efecto estimado de aptitud combinatoria general (ACG) del i -ésimo progenitor.

g_j = Efecto estimado de aptitud combinatoria general (ACG) del j -ésimo progenitor.

s_{ij} = Efecto estimado de aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruce ij .

e_{ijk} = Error experimental para la observación ijk .

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza utilizado para este modelo.

Para el análisis del dialélico a través de localidades el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + a_l + g \times a_l + s_{ij} \times a_l + e_{ijkl}.$$

Donde:

a_l = efecto del l -ésimo ambiente.

$g_i \times a_l$ = efecto de la interacción de la aptitud combinatoria general \times ambiente.

$s_{ij} \times a_l$ = efecto de la interacción de la aptitud combinatoria específica \times ambiente.

Estos dos últimos calculados mediante fórmulas del Dr. Kendall R. Lamkey de Iowa State University al Dr Jim Hawk en comunicación personal (1991).

Cuadro 3. Análisis de varianza del dialélico (Método 4 de Griffing).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios
Rep.	$R - 1$	SCr	CMr
Cruzas	$[p(p-1)/2]-1$	SCc	CMc
ACG	$p-1$	SC {ACG}	CMg
ACE	$p(p-3)/2$	SC {ACE}	CMs
Error	por diferencia	SC error	CMe
Total	$rp(p-1) - 1$	SC tot	
	2		

r = repeticiones

p = progenitores = 12

Donde:

SC acg x ambiente = SC acg amb₁ + ... + SC acg amb₈ – SC acg efecto principal (del análisis combinado).

SC ace x ambiente = SC ace amb₁ + ... + SC ace amb₈ – SC ace efecto principal (del análisis combinado).

En el Cuadro 4 se puede ver el cuadro de análisis de varianza utilizado para los dialélicos combinados.

Para probar la hipótesis nula de igualdad de medias entre los materiales para cada carácter, se utilizó la prueba de F, en donde:

$$H_0: X_1 = X_2 = \dots X_n, F = CM\{\text{Variedades}\} / CM\{\text{Error}\}$$

con n-1 grados de libertad para variedades y grados de libertad del error.

Para comparar las medias de los materiales en cada carácter estudiado, se utilizó la prueba de medias de diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel alfa de 5% y 1%.

En los diseños dialélicos por localidad, las pruebas de hipótesis nulas para la aptitud combinatoria general y la aptitud combinatoria específica, se probaron bajo el modelo de efectos fijos de la siguiente manera:

Ho: $\sigma_g^2 = 0$; $F = CM\{ACG\} / CM\{\text{Error}\}$. con (p-1) grados de libertad para la aptitud combinatoria general y los grados de libertad del error.

Ho: $\sigma_s^2 = 0$; $F = CM\{ACE\} / CM\{\text{Error}\}$ con p(p-3)/2 grados de libertad para la aptitud combinatoria específica y los grados de libertad del error.

Cuadro 4. Análisis de varianza del dialélico (Método 4 de Griffing) considerando ambientes e interacciones.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios
Localidades	$(a-1)$	SCr	CMr
Cruzas	$[p(p-1)/2]-1$	SCc	CMc
ACG	$(p-1)$	SC {ACG}	CMg
ACE	$p(p-3)/2$	SC {ACE}	CMs
Cruzas x loc	$([p(p-1)/2]-1)(a-1)$	SC (CxL)	CMcxl
ACG x Loc	$(p-1)(a-1)$	SC (ACGxL)	CMgxl
ACE x Loc	$(p(p-3)/2)(a-1)$	SC (ACExL)	CMsxl
Error	por diferencia	SC error	Cme
Total	$\frac{rp(p-1)}{2} - 1$	SC tot	

p = progenitores = 12

En el caso de los análisis combinados, las pruebas de hipótesis para ambientes e interacciones cruzas por ambientes, ACG x Ambientes, y ACE x Ambientes, se hicieron mediante la prueba de F como sigue:

Ho: $A_1 = A_2 = \dots = A_8$; $F = CM \{Ambientes\} / CM \{Error\}$, con (a-1) grados de libertad de ambientes y los grados de libertad del error.

Ho: ACG x Ambientes = 0; $F = CM\{ACG \times Ambientes\} / CM\{Error\}$, con la suma de grados de libertad de la ACG de cada ambiente menos(p-1) como grados de libertad de la interacción y los grados de libertad del error.

Ho: ACE x Ambientes = 0; $F = CM\{ACE \times Ambientes\} / CM\{Error\}$, con la suma de grados de libertad de la ACE de cada ambiente menos p(p-3)/2 como grados de libertad para la interacción y los grados de libertad del error.

3.5.2 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (\hat{g}_i) y aptitud combinatoria específica (\hat{s}_{ij})

Los efectos de aptitud combinatoria general y específica se estimaron con base en las formulas propuestas por Griffing (1956) para el método 4 y para el modelo fijo. La estimación se hizo mediante las medias con el objeto de clasificar el comportamiento genético de cada una de las líneas progenitoras y sus cruzas en relación cada carácter en estudio, tanto en condiciones normales como en condiciones de sequía, para lo cual se utilizarón las siguientes fórmulas:

$$\mu = 2Y_{..}/rp(p-1) = Y_{..}$$

$$\hat{g}_i = [1/p(p-2)] [pY_{i.} - 2Y_{..}]$$

$$\hat{s}_{ij} = Y_{ij} - [Y_{i.} + Y_{.j}]/(p-2) + [2Y_{..}/(p-1)(p-2)]$$

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

donde:

μ = media general estimada

p = número de progenitores

$2Y_{..}$ = gran total incluyendo dos veces el valor de todas las cruzas

Y_i = suma de las cruzas en que interviene el progenitor i .

\hat{g}_i = aptitud combinatoria general estimada para el progenitor i

\hat{s}_{ij} = aptitud combinatoria específica estimada para la craza ij

Y_j Suma de los valores de todas las cruzas donde interviene el progenitor j .

Y_{ij} = valor estimado para la craza ij .

3.5.3 Pruebas de hipótesis de los efectos de aptitud combinatoria para cada progenitor y craza

Se probaron las siguientes hipótesis para los efectos de aptitud combinatoria:

- Hipótesis nula para los efectos de aptitud combinatoria general ($H_0: g_i=0$).
- Hipótesis nula para los efectos de aptitud combinatoria específica ($H_0: s_{ij}=0$).

Se utilizó la prueba de t , de tal forma que si el valor calculado fue superior al tabulado, entonces el valor estimado de g_i o s_{ij} fueron diferentes a cero al 5% o al 1% de probabilidad, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa de que son diferentes de cero. Los grados de libertad utilizados para los valores de t de tablas fueron los del error experimental del cuadro de análisis de varianza para el dialélico. Los valores de t se calcularon con base a las ecuaciones:

$$t_c(\hat{g}_i) = g_i / [\text{Var de } (g_i)]^{1/2}$$

$$t_c(\hat{s}_{ij}) = s_{ij} / [\text{Var de } (s_{ij})]^{1/2}$$

Donde:

$t_c(\hat{g}_i)$ y $t_c(\hat{s}_{ij})$ son los valores calculados de t para la aptitud combinatoria general del progenitor i , y para la aptitud combinatoria específica de la craza ij , respectivamente.

\hat{g}_i = aptitud combinatoria general estimada para el progenitor i

\hat{s}_{ij} = aptitud combinatoria específica estimada para la craza ij

Var (g_i) = varianza del efecto de aptitud combinatoria general del progenitor i .

Var (s_{ij}) = varianza del efecto de aptitud combinatoria específica de la craza ij .

Las varianzas Var (g_i) y Var (s_{ij}) se estimaron mediante las ecuaciones propuestas por Griffing (1956) y son:

$$\text{Var}(g_i) = [(p-1)/p(p-2)]\sigma_e^2$$

$$\text{Var}(s_{ij}) = [(p-3)/p(p-1)]\sigma_e^2$$

Siendo σ_e^2 el cuadrado medio del error del cuadro de análisis de varianza.

3.5.4 Análisis de estabilidad

Los análisis de estabilidad para rendimiento de grano, mazorcas por planta y el intervalo de floración masculina-femenina (ASI), se llevaron a cabo aplicando los siguientes métodos:

3.5.4.1 Parámetros de estabilidad de Eberhart y Russel (1966), mediante el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

donde:

Y_i = Media de la i-ésima variedad

b_i = Coeficiente de regresión de la i-ésima variedad

l_j = Índice ambiental de la j-ésima localidad

S^2_{ij} = Desviaciones de regresión

En el Cuadro 5, se presenta la forma general del análisis de varianza para la estimación de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russel (1966).

El estadístico utilizado para las pruebas de hipótesis de variedades, interacción genotipo-ambiente y desviaciones de regresión fue la prueba de F, como sigue:

- a) $H_0: X_1 = X_2 = \dots = X_{66}$ CM1/CME conjunto con (V-1) y grados de libertad del error conjunto.
- b) $H_0: I_{G-A} = 0$ CM2/ CME conjunto con (V-1) grados de libertad
- c) $H_0: \text{Desviaciones de regresión de la i-esima variedad} = 0$ CMv1/CME conjunto con (V-1) grados de libertad para cada variedad.

Cuadro 5. Forma general del análisis de varianza para la estimación de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russel (1966).

FUENTE	G. LIBERTAD	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Total	$av-1$	SCTOT	
Variedades (V)	$v-1$	SCVAR	CM1
Ambientes (A)	$(a-1)$	SCAMB	
VxA	$(v-1)(a-1)$	SCVA	
A (lineal)	1	SCA	
VA (lineal)	$1(v-1)$	SCVAL	CM2
Desviaciones conjuntas	$v(a-2)$	SCDC	CM3
V-1	$n-2$	SCv1	CMv1
V-2	$n-2$	SCv2	CMv2
V-v	$n-2$	SCvV	CMvV
Error conjunto	Calculado		CMEconjunto

3.5.4.2 Método de ecovalencia de Wricke W^2 (1962):

El método de ecovalencia de Wricke, se basa en las diferencias con la media de cada genotipo en su ambiente. la fórmula para el cálculo del valor de W^2 es como sigue:

$$W_i^2 = \sum (X_{ij} - X_i - X_j + X_{..})^2$$

donde:

X_{ij} = Respuesta media del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente

X_i = Media de la respuesta del i-ésimo genotipo a través de los ambientes.

X_j = Media del j-ésimo ambiente

$X_{..}$ = Media general

El genotipo estable será aquel con el valor mas pequeño de W_i^2

Esta equivalencia es la contribución global de la suma de cuadrados de la interacción variedades por ambiente y de acuerdo a Márquez (1991) por si sola es menos informativa que los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell.

3.5.4.3 Método no paramétrico S^3 de Huhn (1979)

Este método combina rendimiento y estabilidad ya que se basa en los rangos de rendimiento dentro de cada ambiente, y se define como:

$$S^3 = \sum (r_{ij} - r_{i.})^2 / \check{r}_{i.}$$

donde:

r_{ij} = Rango del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente

$r_{i.}$ = Rango del j-ésimo ambiente

$\check{r}_{i.}$ = Rango promedio del i-ésimo genotipo a través de todos los ambientes.

Los valores pequeños de S^3 corresponden a los genotipos estables.

3.5.4.4 Índice de estabilidad

Con el objeto de estimar de una manera más precisa la estabilidad de las cruzas, se utilizó un índice de estabilidad propuesto por Diallo *et al.* (1997), el cual se calculó de la siguiente manera:

Para cada cruce, se asignó un rango de 1-3 a cada uno de los parámetros y a la media de rendimiento del carácter en estudio mediante calificación numérica: (1) para bajo, (2) para medio y (3) para alto, estas calificaciones se asignan con base a intervalos de confianza.

de (3) cuando la media fue mayor que el valor superior del intervalo.

En el caso de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russel, se dio el valor de (3) cuando el valor de la regresión si estuvo en el intervalo de confianza al 95%; valor de (2) si estuvo en el intervalo del 99% pero no en el de 95% y (1) cuando el valor del coeficiente de regresión estuvo fuera del intervalo al 99%.

En el caso de la ecovalencia W^2 y del valor no paramétrico de Huhn S^3 y desviaciones de regresión, los valores deseados son los pequeños, ya que son los que reflejan una mayor estabilidad, por lo que la asignación de la calificación fue en orden inversa, es decir, que el valor de (3) se dio a los valores que fueron menores que el límite inferior del intervalo de confianza, la calificación de (2) a aquellos valores que estuvieron dentro del intervalo, y calificación de (1) a los que fueron mayores que el límite superior del intervalo.

La suma de las calificaciones de la media y los parámetros estimados constituyeron el índice de estabilidad, de tal forma que los genotipos más estables son aquellos con el mayor valor del índice.

3.5.4.5 Modelos de regresión para rendimiento de grano

Para el desarrollo de los modelos de regresión en el caso del carácter rendimiento de grano, se utilizó el procedimiento Stepwise del paquete estadístico SAS.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis de varianza de los dialélicos.

4.1.1 Dialélicos por localidad.

Debido a que la discusión principal se centrará en los análisis combinados de los dialélicos, los resultados del análisis de varianza de los dialélicos por localidad se presentan en los Cuadros del 1 A al 8 A del Apéndice, en los que se pueden ver los cuadrados medios, la significancia de los valores de F al 5% (*) y al 1% (**) de probabilidad para las diferentes fuentes de variación y variables estudiadas, así como la proporción de la varianza de aptitud combinatoria general con relación a la de aptitud combinatoria específica (ACG/ACE), coeficiente de variación y la media, para rendimiento de grano, número de mazorcas por planta, y 10 caracteres agronómicos, con excepción de la localidad de Ameca, con 8 caracteres agronómicos.

La varianza para la fuente de variación cruza en el carácter rendimiento de grano, mostró una alta diferencia significativa en todas las localidades en donde se evaluó el experimento, lo cual indica que las cruza tienen diferentes alelos que producen heterosis diferencial para rendimiento lo que las hace ser diferentes. En general, se detectaron diferencias altamente significativas en el resto de las variables agronómicas, y sólo en algunas de ellas como el acame de tallo, no se detectó ninguna diferencia en las tres localidades siguientes: Poza Rica (Cuadro 3 A), Tlaltizapán riego (Cuadro 5 A) y Tlaltizapán sequía intermedia (Cuadro 8 A); el acame de raíz en la localidad de Tlaltizapán bajo sequía intermedia (Cuadro 4 A), y el porcentaje de pudrición de mazorca en Obregón (Cuadro 7 A).

La varianza para la aptitud combinatoria general (ACG) del carácter rendimiento de grano, fue altamente significativa, tanto en ambientes de estrés como de no estrés, con excepción de la localidad de bajo nitrógeno (Cuadro 6 A), en donde el cuadrado medio del

error experimental fue el mas alto de todas las localidades, lo que no permitió que se detectaran diferencias significativas. Este problema se presenta cuando se quiere seleccionar resistencia a factores adversos como la sequía y bajo nitrógeno; la variación ambiental afecta la heredabilidad del rendimiento de grano viéndose reducida significativamente, de tal forma que para identificar genotipos superiores. se deben utilizar diseños mejorados como es el caso de los alfa-látices, o diseños espaciales, tales como el cuadro Latino y utilizar los caracteres secundarios de selección, como el ASI y el número de mazorcas por planta bajo condiciones de estrés, sin descuidar los genes para rendimiento en condiciones favorables (Edmeades *et al*)., 1996; Banzinger y Laffite, 1997).

Para los otros 11 caracteres agronómicos, la varianza para la ACG, fue en general de significativa a altamente significativa en todas las localidades, excepto el acame de tallo en las localidades de Poza Rica (Cuadro 3 A), Tlaltizapán riego (Cuadro 5 A) y Tlaltizapán sequía intermedia (Cuadro 4 A) así como el porcentaje de pudrición de mazorca en la localidad de Poza Rica bajo nitrógeno (Cuadro 6 A).

La varianza para la ACE en el caso del carácter rendimiento de grano, fue de significativa (5%) a altamente significativa (1%) en 7 de las ocho localidades evaluadas, y sólo en la localidad de Ameca no se detectaron diferencias estadística (Cuadro 1 A). En el resto de las variables agronómicas, hubo una mayor frecuencia de caracteres cuya varianza de ACE no fue significativa, entre los que se pueden mencionar los siguientes: acame de tallo, acame de raíz, número de mazorcas por planta, pudrición de mazorca y porcentaje de humedad del grano a la cosecha.

En cuanto a la relación de varianzas (ACG/ACE), se puede observar (Cuadros del 1 A al 8 A) que para el rendimiento de grano, dicha relación fue alta, es decir que la varianza de la ACG siempre fue mayor que la de la aptitud combinatoria específica (ACE) en todas las localidades, con excepción de la localidad de Poza Rica con estrés de bajo nitrógeno (Cuadro 6 A) en donde dicha varianza fue ligeramente menor. En general para el carácter

número de mazorcas por planta y el resto de las variables agronómicas, se observó la tendencia de que la varianza para la (ACG) fué mayor que la (ACE), lo que sugiere que los efectos genéticos aditivos son más importantes que los de dominancia en estos caracteres de tal forma que procede utilizar los métodos de selección para aprovechar mejor estos efectos.

Los coeficientes de variación para rendimiento de grano fueron los adecuados de acuerdo a lo esperado en las diferentes condiciones ambientales (el rango fué de 7.91% en Tlaltizapán a 16.23% en Obregón) y solamente en la localidad de bajo nitrógeno en Poza Rica el coeficiente fué de 36.94%, debido posiblemente al efecto de la heterogeneidad del nitrógeno en el suelo, ya que es difícil contar con terrenos homogéneos para este tipo de tratamiento.

4.1.2. Diaiéticos combinados.

En el caso de los análisis de varianza combinados, se presentarán de acuerdo a grupo de ambientes, es decir, un análisis que incluye el total de las ocho localidades de evaluación, cinco localidades que incluyen las de temporal y riego, es decir sin estrés, y las tres localidades con algún grado de estrés (sequía intermedia, sequía y calor y bajo nitrógeno).

En los Cuadros 6 (combinado cinco localidades sin estrés), 7 (tres localidades con estrés), y 8 (el total de las localidades), se presentan los cuadrados medios, la significancia de los valores de F al 5% (*) y al 1% (**) de probabilidad para las diferentes fuentes de variación y variables estudiadas, así como la proporción de la varianza de aptitud combinatoria general con relación a la de aptitud combinatoria específica (ACG/ACE), coeficiente de variación y la media, para los caracteres rendimiento de grano, número de mazorcas por planta y 10 caracteres agronómicos.

Para los caracteres rendimiento de grano y número de mazorcas por planta, la fuente de variación localidades mostró valores de F altamente significativos (1%) en el análisis combinado de cinco localidades bajo condiciones de no estrés (Cuadro 6), en las localidades bajo estrés (Cuadro 7) y en las ocho localidades juntas (Cuadro 8), lo que indica que hay una gran diferencia entre ambientes de evaluación, como son las condiciones de riego, temporal, bajo nitrógeno y sequía intermedia en que estuvieron dichas localidades. Resultados similares se encontraron para las diez variables agronómicas restantes en los diferentes análisis combinados.

Para la fuente de variación cruza, se observaron diferencias altamente significativas en los tres análisis combinados para las variables rendimiento de grano, número de mazorcas por planta y los 10 caracteres agronómicos. Solo el carácter pudrición de mazorca no fue significativo en el combinado que incluye las tres localidades con estrés (Cuadro 7). Lo anterior sugiere que hay diferencias genéticas marcadas entre las líneas que forman las cruza, de tal manera que se ven reflejadas en forma diferencial en las localidades y ambientes evaluados.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento de grano en maíz, número de mazorcas y 10 caracteres agronómicos en localidades bajo condiciones de no estrés.

FUENTE DE VARIACION	RGR+	DFM	DFF	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
LOCALIDADES	145 **	60215 **	64418 **	89 **	1286914**	386684 **	0.1534 **	51088 **	403 **	0.8720 **	6678 **	3368 **
CRUZAS	9.05**	27.62**	37.85**	4.24**	698.53**	504.11**	0.0070**	386.16**	22.88**	0.0809**	461.51**	34.38**
CRUZAS x LOC	2.77**	31.51**	36.83**	1.69**	562.92**	258.04**	0.0019**	260.50**	20.48**	0.0218**	124.59**	10.53**
ACG	32.33**	136.20**	192.01**	16.75**	2955.6**	2025.6**	0.0287**	1417.3**	44.33**	0.3565**	1611.8**	170.4**
ACE	4.31**	5.49**	6.41**	1.69**	238.75**	194.17**	0.0027**	176.12**	17.55**	0.0247**	227.18**	6.68NS
ACG x LOC	3.04**	115.54**	155.55**	12.15**	832.64**	283.81**	0.000001N S	604.83**	139.45**	0.03**	129.98**	77.32NS
ACE x LOC	1.51**	46.42**	50.61**	2.47**	463.65**	204.48**	0.0000001 NS	188.97**	42.43**	0.01*	48.24*	8.58NS
ERROR	0.8635	0.90	1.10	0.8022	52.70	33.90	0.00055	72.578	10.097	0.0071	41.27	48.83
ACG/ACE	7.5	24.8	29.9	9.9	12.4	10.4	10.6	8.0	2.5	14.4	7.1	25.5
C.V.	11.96	1.32	1.46	879.06	4.00	5.88	4.19	66.92	156.53	8.10	63.99	30.78
MEDIA	7.76	71.7	71.80	0.102	181.65	99.07	0.56	12.73	2.03	1.04	10.04	22.70

** Significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS No significativo

+ Variables definidas en materiales y métodos.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento de grano en maíz, número de mazorcas por planta y 10 caracteres agronómicos en localidades bajo condiciones de estrés.

FUENTE DE VARIACION	RGR	DFM	DFP	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
LOCALIDADES	184 **	102143 **	104743 **	119 **	11921 **	99 **	0.0919 **	175952 **	461 **	8 **	124503 **	978 **
CRUZAS	4.16**	38.02**	70.87**	12.46**	368.26**	262.52**	0.0033**	814.36**	110.39**	0.1081**	520.2NS	19.49**
CRUZAS x LOC	2.00**	38.47**	45.24**	6.57**	161.15**	118.10**	0.0016**	571.70**	93.52**	0.0451**	341.04**	19.03**
ACG	8.00**	319.48**	184.91**	39.11**	1249.2**	948.41**	0.0121**	1958.1**	351.25**	0.374**	987.08**	77.27**
ACE	3.38**	20.22**	8.10**	7.03**	182.38**	121.44**	0.0015**	581.37**	61.30**	0.0540**	425.1NS	7.72**
ACG x LOC	11.17**	43.53NS	59.35NS	4.25**	1424.5**	880.11**	0.01**	1236.1**	211.3NS	0.12**	758.88*	-5.84NS
ACE x LOC	3.25**	7.52**	10.49**	3.88**	125.28**	94.73**	0.0000001 NS	453.94**	53.13NS	0.04**	410.8NS	2.67**
ERROR	0.5763	1.80	4.7	1.2968	43.10	25.13	0.0008	182.04	36.99	0.0089	394.26	1.35
ACG/ACE	2.4	15.8	22.8	5.6	6.8	7.8	8.1	3.4	5.7	6.9	2.3	10.0
C.V.	22.70	1.83	2.88	63.62	3.53	4.60	4.79	42.11	170.31	11.10	78.98	7.51
MEDIA	3.42	73.46	75.24	1.79	186.24	109.03	0.59	32.04	3.57	0.85	25.14	15.47

** Significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS No significativo

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento de grano en maíz y número de mazorcas por planta 10 caracteres agronómicos en el total de localidades.

FUENTE DE VARIACION	RGR	DFM	DFF	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
LOCALIDADES	845 **	63695 **	67133 **	182 **	739427 **	223622 **	0.1361 **	93555 **	433 **	4 **	48131 **	4164 **
CRUZAS	9.95**	63.01**	99.90**	12.19**	947.95**	668.09**	0.0086**	749.44**	64.70**	0.1211**	678.21**	45.08**
CRUZAS x LOC	2.79**	29.12**	35.20**	4.12**	427.17**	210.30**	0.0018**	385.15**	40.55**	0.0352**	213.0NS	13.16**
ACG	29.87**	314.78**	493.87**	50.96**	4096.9**	2911.8**	0.0385**	2566.7**	211.79**	0.4981**	2373.3**	227.4**
ACE	5.89**	11.79**	19.68**	4.29**	295.39**	207.33**	0.0025**	379.23**	34.74**	0.0440**	332.91**	8.00**
ACG x LOC	6.42**	44.32**	60.93**	8.31**	810.49**	346.27**	0.000001NS	814.30**	88.39**	0.09**	323.32**	45.41**
ACE x LOC	2.05**	26.02**	29.96**	3.27**	350.94**	170.16**	0.0000001NS	291.71**	26.78NS	0.02**	190.6NS	6.59**
ERROR	0.7150	1.3500	2.900	1.0667	62.90	41.50	0.00065	121.70	20.44	0.0079	200.37	1.6384
ACG/ACE	5.1	26.7	25.1	11.9	13.9	14.0	15.4	6.8	6.1	11.3	7.1	28.4
C.V. (%)	14.15	1.60	2.32	116.05	4.34	6.32	1.44	53.27	177.99	9.26	87.27	6.49
MEDIA	5.97	72.5	73.38	0.89	182.88	101.87	0.56	20.71	2.54	0.96	16.22	19.72

** Significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS No significativo

En el caso de la fuente de variación de la interacción cruza x localidad, las variables rendimiento de grano, número de mazorcas por planta y caracteres agronómicos, el valor de F fue altamente significativo en los tres análisis combinados, y solamente la variable pudrición de mazorca no fue significativa en el análisis combinado de ocho localidades (Cuadro 8). Estos resultados muestran que el comportamiento entre las cruza a través de localidades es relativamente diferente y que es importante clasificar la estabilidad de las cruza, con el objeto de seleccionar las más estables o adecuadas a los ambientes de estrés.

La varianza para la (ACG) tuvo valores de F altamente significativos para todos los caracteres en los tres análisis combinados, lo que indica la existencia de genes con acción génica aditiva que puede ser aprovechada en programas de selección. En el caso del rendimiento de grano, se puede observar que el valor de la varianza de la ACG se reduce drásticamente al comparar el valor obtenido en el análisis de las cinco localidades de no estrés al obtenido en el análisis de las tres localidades con estrés (Cuadros 6 y 7). Lo anterior indica que el carácter rendimiento no es el mejor carácter de selección bajo condiciones de estrés ya que se reduce la heredabilidad de dicho carácter de 32.33 a 8.00, por lo que se deben utilizar caracteres secundarios correlacionados con rendimiento para que se expresen mejor que este en condiciones de estrés, dichos caracteres pueden ser como se mencionó anteriormente el ASI y el número de mazorcas por planta. Como se puede observar en los Cuadros 6 y 7 la varianza de la ACG para estos caracteres aumentó de 16.75 en condiciones sin estrés a 39.11 bajo condiciones de estrés en el ASI y se mantuvo muy similar (de 0.3565 a 0.3740) en el número de mazorcas por planta.

Otros caracteres que redujeron la varianza de ACG al pasar de condiciones de no estrés a estrés fueron: altura de planta, altura de mazorca, altura de mazorca/altura de planta, pudrición de mazorca y humedad, por lo que se sugiere que la selección de estos caracteres, se haga solo en condiciones de no estrés, por lo menos en los materiales con que se trabajó en el presente estudio. La variable que mantuvo un valor similar en ambos ambientes fue la de días a flor femenina, mientras que los caracteres en que subió

la varianza de ACG fueron: días a flor masculina, ASI, acame de raíz y acame de tallo.

Con relación a la varianza para la ACE, la mayoría de las variables mostraron valores de F altamente significativos en los tres análisis combinados. La humedad de grano a la cosecha en el análisis combinado de cinco localidades (Cuadro 6) y la pudrición de mazorca en el combinado de tres localidades (Cuadro 7) no fueron significativos. Estos resultados sugieren que los efectos de genes no aditivos o dominantes aún cuando no son de la misma proporción que los efectos aditivos, también son importantes en los materiales con tolerancia al estrés, por lo que pueden ser aprovechados en programas de hibridación.

Es interesante observar que la interacción de la aptitud combinatoria general por localidad (ACG x Localidad), mostró valores de F altamente significativos para rendimiento de grano, número de mazorcas por planta y la mayoría de los caracteres agronómicos estudiados en los tres análisis combinados, por lo que se puede decir que el efecto de aptitud combinatoria general, tiene un comportamiento diferencial a través de localidades, lo que implica en cierta forma que la heredabilidad de estos caracteres también interacciona en cierta forma con los ambientes, dificultando el avance en la ganancia de selección en los programas de mejoramiento. Los caracteres altura de mazorca/altura de planta y humedad no fueron significativos en cuanto a la interacción en el combinado de las cinco localidades (Cuadro 6). La interacción para las variables días a flor masculina, días a flor femenina, acame de tallo y humedad, no fue significativa en el análisis combinado de las tres localidades bajo estrés (Cuadro 7). Finalmente en el análisis combinado de las ocho localidades (Cuadro 8), la interacción no fue significativa solamente en el caso del carácter altura de mazorca/altura de planta.

Con relación a la interacción de la aptitud combinatoria específica por localidad (ACE x Localidad) se observa en el Cuadro 6 del análisis combinado de las cinco localidades sin estrés, que la interacción para el rendimiento de grano y casi todas los caracteres agronómicos tuvieron valores de F altamente significativos, lo que sugiere que

los efectos de aptitud combinatoria específica se comportaron de manera diferente a través de ambientes. En las variables altura de mazorca/altura de planta y humedad de grano a la cosecha no se detectaron diferencias significativas. En los combinados para tres localidades (Cuadro 7) y ocho localidades (Cuadro 8), la interacción en las variables (altura de mazorca/altura de planta), acame de tallo y pudrición de mazorca, no fue significativa.

Con relación a la proporción de la varianza de aptitud combinatoria general sobre la aptitud combinatoria específica (ACG/ACE), se puede observar, que tanto en el análisis combinado para las cinco localidades normales (cuadro 6) como para las tres localidades bajo estrés (cuadro 7), la varianza para ACG siempre fue mayor en comparación de la varianza para ACE en los caracteres rendimiento de grano, número de mazorcas por planta y para las 10 variables agronómicas. Resultados similares se observaron en el análisis combinado de las 8 localidades (cuadro 8). Lo anterior confirma que en los materiales utilizados en el presente estudio, los efectos aditivos son más importantes que los de dominancia en todos los caracteres estudiados.

Por otra parte, se observó que la proporción ACG/ACE para rendimiento de grano, se redujo de 7.50 a 2.37 cuando se evaluó en condiciones de no estrés (cuadro 6) que cuando se tuvo en condiciones de estrés (Cuadro 7), lo anterior debido básicamente a la reducción de la varianza para aptitud combinatoria general observada en párrafos anteriores. Otros caracteres que redujeron la proporción de ACG/ACE fueron: días a flor masculina, días a flor femenina, ASI, altura de planta, acame de raíz, número de mazorcas por planta, pudrición de mazorca y humedad de mazorca a la cosecha. La altura de mazorca y altura de mazorca/altura de planta mantuvieron valores similares mientras que en la variable acame de tallo la proporción subió, debido principalmente a un aumento en la varianza de ACG.

En cuanto al coeficiente de variación, se puede mencionar que para la variable rendimiento de grano fue adecuado en el análisis combinado de las cinco localidades bajo condiciones normales (11.96%), mientras que en el análisis combinado de las tres localidades con estrés aumentó a 22.7%, debido principalmente a mayor variación en campo por los efectos aleatorios de sequía o bajo nitrógeno. En el caso del combinado de las 8 localidades, el coeficiente de variación se ubicó entre los dos tipos de localidades con estrés y no estrés (14.15%).

En general para los demás caracteres, se encontraron coeficientes de variación bastante altos en los tres análisis combinados, como fue por ejemplo para las variables: intervalo de floración femenina-masculina (ASI), acame de raíz, acame de tallo y pudrición de mazorca. En el caso de la variable ASI, se vió afectada en forma aleatoria por el efecto del estrés, causando una mayor variación en condiciones de estrés (879.06%) que bajo condiciones sin estrés (63.62%), Cuadros 6 y 7. Con relación al acame y la pudrición de mazorca, las variables se ven afectadas en forma aleatoria dentro del experimento, ya que el viento, las plagas del suelo o los insectos que afectan a la mazorca, no influyen de manera homogénea en las unidades experimentales, sin embargo, los coeficientes de variación encontrados son similares a los reportados en otros trabajos.

4.2 Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (\hat{g}_i) y específica (\hat{s}_{ij}).

Los efectos de aptitud combinatoria general y específica se estimaron con base en las fórmulas propuestas por Griffing (1956) con el Método 4 bajo el modelo fijo y las inferencias se hicieron con referencia al material genético evaluado. Se indica con un asterisco (*) o con dos (**) si los valores fueron estadísticamente diferentes de cero con probabilidades de 5% y 1% respectivamente; los efectos sin asteriscos no fueron significativos, es decir, fueron iguales a cero por lo que en estos casos se aceptó la hipótesis nula.

4.2.1 Efectos de aptitud combinatoria general (\hat{g}_i).

En los Cuadros del 9 A al 20 A del apéndice, se presentan los efectos de aptitud combinatoria general de las líneas para cada uno de los 12 caracteres estudiados por localidad, sin embargo, los resultados que se tomaron para la discusión de este trabajo fueron los de los análisis combinados, por representar mejor los efectos promedios a través de cada grupo de ambientes. A continuación se presentan los efectos de aptitud combinatoria general para cada una de las doce líneas, estimados en el análisis combinado de ocho localidades, en el de las cinco localidades sin estrés y en el análisis combinado de las tres localidades con estrés, tanto para el carácter rendimiento de grano y número de mazorcas por planta, así como para los 10 caracteres agronómicos.

4.2.1.1 Rendimiento de grano.

Para rendimiento de grano, se puede observar en el Cuadro 9, que las líneas 8 (LSH297) y 4 (LSH1) fueron las que mostraron mayor aptitud combinatoria general en el análisis de las cinco localidades sin estrés (con probabilidad de 1% y 5% de ser diferentes de cero respectivamente), con origen ambas líneas de poblaciones previamente seleccionadas bajo sequía; sin embargo, las mismas líneas al ser evaluadas en condiciones de estrés, los efectos no fueron significativos, debido posiblemente al efecto del estrés ambiental en la expresión de los genes aditivos para rendimiento, lo cual redujo los efectos.

La línea con los mejores efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento a través de las ocho localidades, fue la línea 8 (LSH297), la cual ya había sido reportada en otro estudio (García, 1997) como la mejor en aptitud combinatoria general en cruzamientos con 6 probadores diferentes. La línea con los efectos negativos de aptitud combinatoria

general en todos los análisis combinados fue la línea 3 (LE22) derivada mediante el método alternativo de resistencia a la endogamia (Vasal *et al.*, 1997).

4.2.1.2 Días a floración masculina y femenina.

En el cuadro 10, se presentan los resultados de la estimación de los efectos de aptitud combinatoria general de los análisis combinados. Es interesante observar que a excepción de la línea 9 (L56) todas las líneas que tuvieron efectos significativos ya sea negativos o positivos, fueron mantenidos en ambientes de no estrés, de estrés así como en el análisis de ocho localidades. Las líneas con los efectos positivos fueron la 5 (LSH17), la 8 (LSH297), la 11 (CML254) y la 12 (CML247), mientras que las líneas con los efectos negativos fueron las líneas 1 (LE21), la 2 (LE25) y la 4 (LSH1). Es importante resaltar que para este carácter, estas tres últimas líneas son las de interés, ya que los efectos de aptitud combinatoria general negativos reducen los días a flor masculina haciendo a las cruzas mas precoces.

Como se puede ver en el Cuadro 11, los efectos de aptitud combinatoria general para días a flor femenina que fueron significativos, muestran cierta consistencia a través de los ambientes evaluados como en el caso de días a flor masculina, ya que mantienen dicha significancia en los tres análisis combinados, a excepción de la línea 7 (LSH44).

Las líneas con los efectos positivos fueron la 3 (LE22), la 5 (LSH17), la 8 (LSH297), la 11 (CML254) y la 12 (CML247), es decir, aquellos materiales que tienden a hacer mas tardías las cruzas, mientras que las líneas que se detectaron con los efectos negativos fueron la 1 (LE21), la 2 (LE25) y la 4 (LSH1). Al igual que en la variable días a floración masculina son los materiales que reducen los días a floración de las cruzas, haciéndolas mas precoces.

Cuadro 9 Efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento de grano en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	-0.3093	-0.6033*	0.2048
2	0.1329	-0.1173	0.3188
3	-0.8422**	-1.1933**	-0.5242*
4	0.2494	0.5546*	-0.0402
5	0.1276	0.2361	0.1408
6	0.1088	0.2380	-0.1022
7	-0.2194	-0.1924	-0.3122
8	0.5756*	1.0007**	0.2648
9	-0.1458	-0.0741	-0.2512
10	0.1450	-0.0498	0.1558
11	0.4383	0.4906	0.3548
12	-0.2613	-0.2900	-0.2102

Cuadro 10 Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor masculina en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	-1.9704**	-1.7550**	-2.4808**
2	-2.9010**	-2.7245**	-3.5378**
3	0.2631	0.3141	0.3422
4	-0.8633*	-0.8644**	-0.9588*
5	1.5296**	1.3960**	1.7192**
6	0.2447	0.5198	0.2432
7	0.4433	0.5292	0.6112
8	1.5824**	1.2792**	1.7892**
9	-0.3247	-0.7178*	-0.1938
10	-0.5148	-0.3218	-0.6008
11	1.7616**	1.5629**	2.2192**
12	0.7645*	0.7819**	0.8482*

Cuadro 11 Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor femenina en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	-2.3618**	-1.8540**	-3.0983**
2	-3.2382**	-2.9282**	-3.7593**
3	1.4300**	1.2077**	1.5907*
4	-1.5506**	-1.4982**	-1.7723**
5	1.5980**	1.5772**	1.8187**
6	-0.4396	-0.1873	-0.4123
7	0.8493	0.8689**	1.1807
8	1.4563**	1.1608**	1.5097**
9	-0.5313	-0.9474**	-0.5303
10	-0.6716	-0.5001	-0.6743
11	2.1340**	1.7946**	2.4977**
12	1.3259**	1.3060**	1.6497*

Cuadro 12 Efectos de aptitud combinatoria general para intervalo de floración femenina a masculina o ASI, en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	-0.2626	-0.1021	-0.5257
2	-0.1783	-0.2272	-0.0897
3	1.0388**	0.8882**	1.2413**
4	-0.6936*	-0.6322*	-0.8257*
5	0.1420	0.1802	0.0663
6	-0.6917*	-0.7013**	-0.7007*
7	0.3567	0.3236	0.5553
8	-0.1853	-0.1075	-0.2737
9	-0.2344	-0.2359	-0.3377
10	-0.1116	-0.1564	-0.1467
11	0.2462	0.2406	0.2893
12	0.5743	0.5296*	0.7473*

4.2.1.3 Sincronía floral (ASI).

En el Cuadro 12. se puede observar que las líneas 3 (LE22) y 12 (CML247), fueron las que mostraron los mayores efectos positivos de aptitud combinatoria general en los diferentes ambientes. es decir, que son aquellas que más días aportan al incremento del intervalo. situación que es indeseable en ambientes de sequía o de estrés. ya que se ha demostrado que existe una correlación negativa entre el ASI positivo y el rendimiento de grano bajo condiciones de estrés (Edmeades *et al.*, 1997), dado que la línea CML247 es susceptible a la sequía. se confirma dicha correlación. Por otra parte. lo que se requiere en un programa para resistencia a condiciones adversas es importante desarrollar materiales con ASI negativo (en donde florece primero la hembra y después el macho). ya que lo anterior está asociado a la resistencia al estrés. las líneas que cumplen con esta característica fueron la 4 (LSH1) y la 6 (LSH20), ambas líneas derivadas de poblaciones resistentes a la sequía.

4.2.1.4 Altura de planta y altura de mazorca.

En el carácter altura de planta (Cuadro 13), las líneas 2 (LE25), 6 (LSH20), 8 (LSH297) y la 11 (CML254) mostraron los efectos positivos más altos y significativos de aptitud combinatoria general. aportando a las cruces una mayor altura de planta, tanto en condiciones de no estrés, como en estrés. Por su parte, las líneas con efectos negativos y con significancia estadística. fueron la línea 1 (LE21), y la 12 (CML247), aún cuando esta no fue significativa al combinar las 8 localidades. Se puede mencionar que estas dos últimos materiales son deseables para cuando se quieren cruces de porte bajo.

Con relación a la variable altura de mazorca (Cuadro 14), las líneas 2 (LE25), 9 (L56), y 11 (CML254) son las que mostraron los efectos más altos y significativos, aportando una mayor altura de mazorca, tanto en condiciones de no estrés como de estrés. La línea con efectos negativos y significativos, fue la 5 (LSH17) en los tres análisis combinados, mientras que la línea 1 (LE21), solo fue significativa en el combinado de 5

localidades y en el de 3. Estos materiales aportan a las cruzas la característica deseable de altura de mazorca baja, debido a que puede facilitar la cosecha mecánica.

4.2.1.5 Altura de mazorca/altura de planta.

La relación de altura de mazorca contra altura de planta es importante debido a la facilidad de cosecha mecánica o manual, de tal forma que, en general una proporción baja, es el carácter más deseable. En el Cuadro 15, se puede ver que la línea 9 (L56), manifestó los efectos de aptitud combinatoria general mas altos positivos y significativos en los tres análisis combinados, por lo que se puede decir que es un material que aporta una relación alta de altura de mazorca/altura de planta, es decir, un carácter no deseable, mientras que la línea 5 (LSH17) fue la de efecto negativo a través de ambientes.

4.2.1.6 Acame de raíz y acame de tallo.

En el caso del acame de raíz hubo diferencia significativa solo en los ambientes de no estrés, y la línea 9 (L56) fue la de los mayores efectos positivos, como se muestra en el Cuadro 16, es decir, que es la línea que más aporta a las cruzas para una susceptibilidad al acame de raíz, mientras que la línea con los efectos negativos, y por lo tanto deseables en este caso por la resistencia, fue la línea 11 (CML254).

Con relación al acame de tallo (Cuadro 17), los resultados fueron diferentes, ya que los valores positivos y significativos se detectaron en los ambientes con estrés, siendo las líneas 1 (LE21) y 3 (LE22) las que tuvieron los mayores efectos de aptitud combinatoria y por lo tanto las que más aportan susceptibilidad al acame de tallo a las cruzas. La línea 1 (LE21) también tuvo diferencia significativa en el análisis de las ocho localidades.

Cuadro 13 Efectos de aptitud combinatoria general para altura de planta en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	-7.6448**	-9.5572**	-7.8127**
2	4.8762*	4.3729*	3.4743
3	-1.7138	-2.3932	-2.6557
4	-1.2706	0.255	-2.8317
5	-3.5448	-1.6726	-6.1437**
6	4.9742*	5.3127*	6.8843**
7	0.1350	1.3151	-0.6727
8	5.6062*	6.6088**	6.4593**
9	0.3302	1.3124	-1.7557
10	-1.1634	-1.9203	1.2623
11	5.0449*	4.0648**	7.7763**
12	-5.6295*	-7.4685	-3.9847*

Cuadro 14 Efectos de aptitud combinatoria general para altura de mazorca en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	-3.2847	-4.0551*	-3.3775*
2	5.0912**	4.8274**	5.1065**
3	-3.7222	-4.1437*	-4.7445**
4	-1.0311	-1.5642	0.3295
5	-7.2607**	-6.8434**	-9.1615**
6	1.5877	1.9790	3.1515*
7	-1.7744	-0.9956	-3.8085*
8	2.4545	4.1903*	0.8065
9	5.4330**	5.9880**	5.1475**
10	0.5744	0.1877	1.8105
11	4.9705*	4.7640**	7.5825**
12	-3.0381	-4.3642*	-2.1835

Cuadro 15 Efectos de aptitud combinatoria general para altura de mazorca/altura de planta de análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	0.0056	0.0067	0.0063
2	0.0139	0.0148*	0.0163
3	-0.0175*	-0.0185**	-0.0167
4	-0.0023	-0.0080	0.0073
5	-0.0322**	-0.0347**	-0.0307**
6	-0.0071	-0.0046	-0.0057
7	-0.0115	-0.0110	-0.0177*
8	-0.0018	0.0052	-0.0137
9	0.0276**	0.0250**	0.0333**
10	0.0093	0.0099	0.0053
11	0.0171*	0.0192**	0.0163
12	-0.0013	-0.0036	-0.0007

Cuadro 16 Efectos de aptitud combinatoria general para acame de raíz de análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	3.2508	2.7488	3.2083
2	0.9130	1.4951	-0.9587
3	-4.7915	-3.4670	-4.8477
4	-0.5344	0.1493	-1.6437
5	-3.8961	-4.6426	-2.7897
6	-2.4881	-1.8606	-2.7787
7	0.7897	3.2006	-3.6437
8	1.2072	3.0205	-1.3797
9	6.2010	6.3557*	6.4523
10	1.4043	-0.4747	3.5613
11	-5.0860	-6.4058*	-2.4177
12	3.0301	-0.1193	7.2373

4.2.1.7 Número de mazorcas por planta.

La variable mazorcas por planta es un carácter componente del rendimiento de gran importancia en ambientes de estrés, ya que es un carácter que se ha demostrado que está correlacionado en forma positiva con el rendimiento de grano bajo condiciones de estrés.

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de la variable mazorcas por planta en donde se puede ver que la línea 1 (LE21) es la que presentó el efecto de aptitud combinatoria positivo más alto y significativo en los tres análisis, por lo que es importante tomar en cuenta esta línea para las cruces con resistencia al estrés, ya que aporta una mayor proporción de mazorcas por planta. Si se observa esta línea en cuanto a los efectos de aptitud combinatoria para rendimiento de grano (Cuadro 9) y para ASI (Cuadro 12), la tendencia de los efectos bajo condiciones de estrés son positivos y altos para rendimiento y negativos y altos para ASI lo cual da un mayor argumento para involucrar esta línea en programas de mejoramiento para selección de estas características. La línea 8 (LSH297) solo presentó efectos positivos y significativos en los ambientes de no estrés.

En cuanto a la línea 3 (LE22), esta mostró efectos negativos y significativos a través de los tres análisis combinados, de tal forma que de acuerdo a lo mencionado anteriormente es un material indeseable, por heredar el carácter de bajo número de mazorcas por planta. La línea 12 (CML247) también mostró efectos negativos y significativos en los ambientes de no estrés y en el análisis de las ocho localidades. Es importante mencionar que la línea LE22 se comportó igual que la CML247 que es susceptible al estrés: la línea LE22 mostró también un comportamiento similar a la CML247 con relación al carácter ASI, por lo que esta línea no se recomienda utilizarla en programas de selección o desarrollo de híbridos resistentes a la sequía. La línea 7 (LSH44) presentó efectos negativos en las localidades de estrés y en las ocho localidades.

Cuadro 17 Efectos de aptitud combinatoria general para acame de tallo en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	3.4452*	1.3521	7.0217**
2	-0.3992	-0.3138	-0.3733
3	1.2412	0.0947	3.5677*
4	-0.2126	-0.0958	-0.4963
5	-1.4502	-0.6125	-2.7543
6	-1.2623	-0.9038	-1.3623
7	-0.8198	0.4007	-3.4143
8	0.2840	0.7985	-1.5903
9	-0.5005	-0.6557	0.0577
10	0.6297	0.3718	1.3087
11	-0.7502	-0.1715	-2.1763
12	-0.2057	-0.2651	0.2117

Cuadro 18 Efectos de aptitud combinatoria general para número de mazorcas por planta en análisis combinados

LINEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	0.0765**	0.0573*	0.1227**
2	0.0090	-0.0308	0.0627*
3	-0.0988**	-0.0822**	-0.1213**
4	0.0316	0.0215	0.0307
5	0.0446	0.0469	0.0497
6	0.0131	-0.0052	0.0297
7	-0.0518*	-0.0406	-0.0633*
8	0.0310	0.0980**	-0.0363
9	-0.0288	-0.0221	-0.0443
10	-0.0168	-0.0495*	0.0057
11	0.0511	0.0756**	0.0177
12	-0.0611**	-0.0689**	-0.0533

4.2.1.8 Pudrición de mazorca.

Los efectos de aptitud combinatoria general para pudrición de mazorca, se presentan en el Cuadro 19. Se puede observar que se detectaron valores significativos solo en el análisis combinado de las cinco localidades sin estrés. Las líneas 7 (LSH44) y 9 (L56) fueron las que tuvieron los mayores efectos, siendo las menos deseables. La línea 11 (CML254) fue la que presentó efectos negativos y significativos, es decir, la que menos pudrición de mazorca aporta a las cruzas.

4.2.1.9 Porcentaje de humedad de grano.

Los efectos para porcentaje de humedad de grano (Cuadro 20), que se detectaron sólo fueron significativos en condiciones de estrés y en el análisis de las ocho localidades. Las líneas con los mayores efectos en ambos análisis fueron la 11 (CML254) y la 12 (CML247), por lo que son las menos deseables ya que aportan una madurez tardía a las cruzas. Las líneas 7 (LSH44) y 8 (LSH297) sólo fueron significativas en los ambientes de estrés. Por otra parte, las líneas con efectos negativos en ambos análisis fueron la línea 1 (LE21) y la 9 (L56), y son las que hacen tener a sus cruzas un secado más rápido.

Cuadro 19 Efectos de aptitud combinatoria general para pudrición de mazorca en análisis combinados

LÍNEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	0.4192	-0.8809	1.7850
2	-2.1007	-1.3841	-3.1110
3	-0.2168	0.9011	-1.1410
4	1.2265	1.4757	0.4930
5	-3.2359	-3.4701	-2.8760
6	-0.7116	-0.7574	-0.2400
7	8.7284	8.5116**	8.5260
8	-0.0107	-1.0053	0.6740
9	4.0134	5.9794**	1.4800
10	-0.5213	-1.7953	1.5790
11	-6.2662	-6.5738**	-5.6070
12	-1.3247	-1.0011	-1.5620

Cuadro 20 Efectos de aptitud combinatoria general para humedad de grano en análisis combinados

LÍNEA	LOC. NORMALES Y CON ESTRÉS	LOCALIDADES NORMALES	LOCALIDADES CON ESTRÉS
1	-1.4187**	-1.4250	-1.4718**
2	-0.6825	-1.0108	-0.6368
3	-0.5131	-0.9071	-0.3718
4	-0.2018	-0.3489	-0.1068
5	0.2813	0.1612	0.5492
6	0.1787	0.4899	-0.0938
7	0.5674	0.6196	0.8172*
8	0.5300	0.0767	1.2002**
9	-1.7613**	-1.6051	-2.4538**
10	-0.4984	-0.0792	-0.2748
11	1.9588**	2.3947	1.9782**
12	1.5598**	2.2973	0.8652*

4.2.2 Efectos de aptitud combinatoria específica (s_{ij}).

Los resultados de los efectos de aptitud combinatoria específica se presentan siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de los efectos de aptitud combinatoria general, es decir, haciendo la comparación entre los análisis combinados de las ocho localidades, el análisis de las cinco localidades de no estrés y el de las tres localidades con estrés.

Como se observó en la sección 4.1.2. en los resultados de los análisis dialélicos combinados la varianza de la aptitud combinatoria general (ACG) fue en la generalidad de los caracteres mayor que la varianza de la aptitud combinatoria específica (ACE), por lo cual es de esperarse que se detecten pocos valores significativos de los efectos de aptitud combinatoria específica, tal como se muestra en los resultados que se presentan a continuación.

4.2.2.1 Rendimiento de grano.

Para el carácter rendimiento de grano, la cruce 1x6 (LE21xLSH20) fue la única que se detectó con un efecto de aptitud combinatoria específica positivo y con valor significativo, tanto en el análisis combinado de ocho localidades (Cuadro 21), como en el de cinco localidades sin estrés (Cuadro 22). En el análisis combinado de los tres ambientes bajo estrés, aunque el valor fue positivo y de los más altos, no fue significativo (Cuadro 23). Como se observó en el Cuadro 9, en donde se presentaron los efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento, las líneas 1 (LE21) y 6 (LSH20) que forman esta cruce, los efectos en la línea 1 fueron significativos en condiciones de no estrés y negativos, de tal forma que se puede decir que los efectos de aptitud combinatoria específica de la cruce antes mencionada, se deben más a la heterosis que al aporte de los efectos de aptitud combinatoria general de las líneas. Por otra parte, las cruces 1x3 (LE21xLE22) y 5x6 (LSH17xLSH20) mostraron efectos de aptitud combinatoria específica

negativos y significativos. tanto en el total de localidades evaluadas. como en condiciones de no estrés. tal vez por ser líneas muy similares genéticamente es posible que se haya presentado una heterosis negativa. Finalmente, bajo condiciones de estrés ninguna craza fue significativa.

4.2.2.2 Días a floración masculina y femenina.

Se presentan en los Cuadros 24, 25 y 26 los resultados de los tres análisis combinados. en donde se puede observar que las cruzas, 1x2 (LE21xLE25) y 1x3 (LE21xLE22) presentan efectos negativos y significativos en los tres análisis. Al ver los efectos de aptitud combinatoria general de las líneas 1(LE21) y 2 (LE25). en el Cuadro 10; las dos líneas tienen efectos negativos, que son los aportados a la craza 1x2 y posiblemente a la 1x3. ya que la línea 3 (LE22) tuvo un efecto positivo, aunque no fue significativo.

En general, el efecto de aptitud combinatoria específica negativo es deseable, ya que reduce los días a flor masculina de la craza haciendola más precóz. En el caso del análisis combinado para las localidades con estrés, la craza 1x11 (LE21xCML254) presentó efectos positivos significativos debido posiblemente a los efectos de aptitud combinatoria general positivos de la línea 11 (CML254).

En relación a la variable días a flor femenina, la craza 1x3 (LE21xLE22) fue consistentemente significativa y negativa en los tres análisis combinados que se presentan en los Cuadros 27, 28 y 29. Lo anterior puede deberse al aporte del efecto negativo de aptitud combinatoria general que hizo la línea 1 al efecto de aptitud combinatoria específica. En el análisis combinado para las localidades sin estrés (Cuadro 28), la craza 1x2 (LE21xLE25) también presenta un efecto negativo significativo, debido principalmente a la aportación de los efectos negativos de aptitud combinatoria general de las dos líneas (Cuadro 11). En este mismo análisis, la craza 5x6, presentó significancia en los efectos positivos debido posiblemente al efecto positivo de la línea 5.

Cuadro 21 Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano en ocho localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.4114										
3	-1.2913*	-0.5365									
4	0.1461	0.1439	0.5680								
5	0.1639	0.4567	0.8468	-0.2418							
6	1.1327*	0.1255	0.4056	-0.0350	-1.3802*						
7	0.6729	0.2267	-0.3512	-0.0298	-1.0090	-0.2582					
8	0.2829	0.4037	0.3778	-0.4848	-0.2660	-0.1782	0.7580				
9	0.0153	0.3891	0.5622	-0.5454	0.1064	-0.2078	-0.4526	-0.6536			
10	-0.1635	-0.1827	0.4914	-0.4562	0.2286	0.0244	0.4366	-0.7754	0.1930		
11	-0.6918	-0.4320	-0.1949	0.1245	0.3543	0.5491	0.3643	-0.2257	0.8037	0.0989	
12	0.1438	-0.1834	-0.8783	0.8101	0.7399	-0.1783	-0.3581	0.7609	-0.2107	0.1045	-0.7508

Cuadro 22 Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.5200										
3	-1.5220*	-0.5500									
4	-0.0939	0.2481	0.7021								
5	0.1586	0.4426	1.0726	-0.4583							
6	1.2187*	0.4837	0.5747	-0.0562	-1.8657*						
7	0.5681	0.0721	-0.5659	0.0172	-1.1173	-0.1402					
8	0.5500	0.2100	0.1680	-0.5479	-0.0764	-0.5173	1.1731				
9	0.1418	0.5028	0.5958	-0.5771	0.1334	-0.2695	-0.0721	-0.7162			
10	-0.4125	-0.0915	0.2985	-0.3704	0.0281	0.2812	0.7726	-0.8535	0.1473		
11	-0.2779	-0.8279	0.2061	-0.1958	0.5737	0.4448	0.1442	-0.1029	0.8529	0.0136	
12	0.1887	0.0297	-0.9803	1.3318	1.1083	-0.1546	-0.8522	0.7127	-0.7395	0.1862	-0.8312

Cuadro 23 Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano en tres localidades bajo estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.3411										
3	-1.0181	-0.4921									
4	0.1979	0.0939	0.6069								
5	0.2869	0.5129	0.7659	-0.1281							
6	0.9599	-0.1641	0.068	-0.1551	-0.7361						
7	0.9999	0.4159	-0.0711	-0.1451	-0.8561	-0.3931					
8	-0.1371	0.4989	0.6419	-0.5121	-0.4931	0.4399	0.4199				
9	-0.2111	0.2449	0.3479	-0.2461	-0.0371	-0.3141	-0.7041	-0.6411			
10	0.4119	-0.3121	0.6109	-0.1331	0.2959	-0.3611	-0.1811	-0.8581	0.1479		
11	-0.9371	0.2489	-0.7481	0.5679	0.0169	0.7299	0.1099	-0.1171	0.4889	0.3119	
12	-0.2121	-0.7061	-0.7131	-0.1471	0.3719	-0.0751	0.4049	0.7579	0.9239	0.0669	-0.6721

Cuadro 24 Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor masculina en siete localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-2.0802*										
3	-2.3273*	1.2973									
4	-0.3119	-0.2703	-0.0454								
5	0.4472	-0.5662	0.0197	0.8541							
6	0.9101	0.3267	0.7046	-0.1000	0.9791						
7	-0.0775	-0.4939	1.1750	-0.6706	0.2975	-0.0736					
8	0.2694	-1.0640	0.1749	0.8713	-0.3826	-0.3647	0.2037				
9	0.9725	0.0001	-0.7050	0.1854	-0.1665	-0.2316	-0.2052	0.8227			
10	-0.0634	1.1030	-0.5609	-0.1705	-0.3274	-1.4345	0.9529	0.6748	-0.2331		
11	1.6322	1.0348	-0.1703	-0.3499	-0.0618	-0.4189	-0.8235	-0.7126	-0.6625	0.2186	
12	0.6293	0.7129	0.4378	0.0082	-1.0927	-0.2968	-0.2844	-0.4925	0.2236	-0.1593	0.3143

Cuadro 25 Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor masculina en cuatro localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-1.6944*										
3	-2.2080**	1.4755									
4	-0.0855	-0.5120	0.5834								
5	0.4221	-0.5914	-0.1870	0.1635							
6	0.5013	0.1178	0.5262	0.2687	1.1093						
7	0.2269	-0.1616	1.3448	-1.1007	0.5339	-0.4789					
8	0.2849	-1.0586	-0.4222	0.4763	-0.0511	0.3871	-0.0033				
9	1.0529	-0.1656	-0.2862	0.3663	-0.3121	-0.2659	-0.6093	0.6277			
10	-0.2351	0.9574	-0.4772	-0.1937	0.4609	-1.1309	0.7197	0.6337	-0.6573		
11	0.9172	0.9997	-1.0259	-0.5344	-0.0418	-0.1286	-0.1460	0.6250	0.0860	0.1440	
12	0.8172	0.6327	0.6761	0.5676	-1.5068	-0.9066	-0.3260	-0.2500	0.1630	-0.2220	0.3543

Cuadro 26 Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor masculina en tres localidades bajo estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-3.1275**										
3	-3.4275**	1.6695									
4	0.0435	-0.5095	-0.0895								
5	0.3455	-0.5775	0.2525	0.8135							
6	1.1915	0.4585	0.6785	-0.1605	1.3415						
7	0.0935	-0.2695	0.7405	-0.2785	0.1535	0.3695					
8	0.5855	-1.4575	0.6225	0.9935	-0.4645	-1.2385	0.1935				
9	0.9885	0.1455	-0.9545	0.2065	-0.0915	-0.0955	-0.2935	0.8785			
10	0.3055	1.4625	-0.8575	-0.1765	-0.7945	-1.7085	1.2035	0.9355	0.0885		
11	2.4255*	1.2225	0.7125	-0.6365	-0.0645	-0.5885	-1.7465	-0.6145	-1.1815	0.2855	
12	0.5765	0.9835	0.6535	-0.2055	-0.9135	-0.2475	-0.1655	-0.4335	0.3095	-0.7435	0.1865

Cuadro 27 Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor femenina en siete localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-2.4351										
3	-2.5193*	1.8291									
4	-0.0667	-0.0793	-0.8165								
5	0.4517	-0.9499	-0.2291	-0.0125							
6	0.6553	0.6847	0.3495	0.2611	1.8485						
7	-0.3276	-0.1462	1.4916	-0.3198	0.0456	-0.6248					
8	0.5934	-1.5442	0.3286	1.2822	-0.8254	-0.4958	0.2573				
9	1.1360	-0.2656	-0.9058	0.4088	0.9542	-0.5222	-0.2281	1.3039			
10	-0.3767	1.4167	-0.9315	-0.2989	0.0805	-1.3819	0.5372	1.2362	-0.9292		
11	1.7207	1.3751	1.2069	-1.0625	-0.2251	-0.7155	-0.2124	-1.3194	-1.3598	0.6695	
12	1.1678	0.1142	0.1960	0.7036	-1.1390	-0.0594	-0.4733	-0.8173	0.4073	-0.0224	-0.0780

Cuadro 28 Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor femenina en cuatro localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-1.8148*										
3	-2.1967*	1.4115									
4	0.4712	-0.9356	0.4225								
5	0.3528	-0.8050	-0.5839	-0.0790							
6	-0.2817	0.3805	0.0496	0.0025	1.8121*						
7	-0.2599	0.2923	1.2414	-0.8227	0.5969	-0.3596					
8	0.9592	-0.5736	-0.4605	0.1014	-0.0830	0.4905	-0.8857				
9	0.3424	-0.7014	-0.5843	1.1256	-0.4278	-0.3223	0.1275	1.0386			
10	-0.1469	1.4533	-0.5416	-0.2387	0.4119	-0.8586	0.3062	0.8583	-0.6165		
11	1.0174	1.5316	0.3807	-0.8814	-0.5768	-0.2163	-0.3055	-0.6284	-0.1502	0.1605	
12	1.5570	-0.2388	0.8613	0.8342	-0.6182	-0.6967	0.0691	-0.8168	0.1684	-0.7879	-0.3316

Cuadro 29 Efectos de aptitud combinatoria específica para días a flor femenina en tres localidades bajo estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-3.3445										
3	-3.9845**	2.3765									
4	0.7485	-0.6505	-1.2205								
5	0.0375	-1.2415	0.3785	-0.9885							
6	1.4585	0.8695	0.3595	0.9625	2.2615						
7	-0.0145	0.2465	0.5865	-0.1005	-0.0715	-0.0205					
8	0.2765	-2.1525	0.8575	1.5305	-0.7205	-1.6295	0.6175				
9	1.5865	0.4475	-0.5925	0.5205	2.0895	-0.3895	-0.2225	0.8685			
10	-0.1395	1.9915	-1.3885	0.0945	0.4835	-1.9255	-0.3385	1.7125	-1.5775		
11	2.2185	0.5295	2.0895	-1.4375	-0.2785	-1.3775	0.0395	-1.2795	-2.2295	1.0745	
12	1.1565	0.9275	0.5375	0.5405	-1.9505	-0.5695	-0.7225	-0.0815	-0.5015	0.0125	0.6505

4.2.2.3 Sincronía floral (ASI).

En los Cuadros, 30, 31 y 32, se presentan los efectos de aptitud combinatoria Específica, para los análisis combinados de las siete localidades, cuatro localidades de no estrés y las tres localidades bajo estrés respectivamente. Se puede ver que las cruzas 3x11 (LE22xCML254) y 5x9 (LSH17xL56), tuvieron efectos positivos significativos pero en diferentes ambientes. La craza 3x11, fue significativa en el análisis de las ocho localidades (Cuadro 30) y en el análisis de las cinco localidades de no estrés (Cuadro 31), mientras que la 5x9, fue significativa en el análisis de las ocho localidades y en el análisis combinado de las tres localidades bajo estrés. El hecho de que los efectos sean positivos, es una característica indeseable, ya que el intervalo de días a flor femenina masculina es mayor, por lo que no hay una tolerancia al estrés, que como ya se ha mencionado antes, hay una correlación negativa entre mayor ASI positivo y rendimiento. Las cruzas 4x5 (LSH1xLSH17) y 9x10 (L56xLSH36) presentaron valores altos de efectos negativos de aptitud combinatoria específica en los ambientes de estrés, (Cuadro 32), sin embargo estos valores no fueron significativos.

4.2.2.4 Altura de planta y altura de mazorca.

Para el carácter altura de planta, las cruzas 1x3 (LE21XIE22) y 4x12 (LSH1XCML247), presentaron efectos significativos, negativos y positivos respectivamente en los tres análisis combinados que se presentan en los Cuadros 33, 34 y 35. En el análisis combinado de las localidades con estrés, la craza 1x2 (LE21XLE25) mostró efectos negativos y significativos y la craza 9x12 (L56XCML247) efectos positivos. En general los efectos negativos para este carácter, son deseables en las cruzas, ya que tienden a ser de porte mas bajo, lo que facilita la cosecha mecánica y manual.

En los Cuadros 36, 37 y 38, se presentan los resultados de los efectos de aptitud combinatoria específica para el carácter altura de mazorca. La craza 1x3 (LE21xLE22), al

igual que en el caso del carácter altura de planta, mantuvo los efectos negativos y significativos en los tres análisis combinados. Otras cruzas con efectos negativos que se presentaron en los ambientes con estrés fueron la 1x12 (LE21xCML247), 5x9 (LSH17xL56) y la 8x10 (LSH297xLSH36), todas con valores significativos. La única craza que presentó efectos positivos significativos fue la 4x12 (LSH1xCML247) en las localidades de estrés. También para este carácter los efectos negativos son los deseables en las cruzas en comparación de los efectos positivos, ya que se favorece la cosecha manual o mecánica.

Cuadro 30 Efectos de aptitud combinatoria específica para ASI en siete localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.3080										
3	-0.3082	0.1735									
4	0.4863	-0.1820	-0.5972								
5	-0.1603	-0.4186	-0.1928	-1.0173							
6	-0.2846	0.3561	-0.3291	0.4334	0.7918						
7	-0.2860	0.3767	-0.0975	0.1850	-0.0356	-0.3419					
8	0.1540	-0.4413	0.2465	0.1410	-0.2276	-0.1049	-0.0553				
9	-0.2469	-0.1132	0.1066	0.5101	1.0645*	-0.2758	0.3778	0.2088			
10	-0.2947	0.5510	-0.2722	0.0993	0.6057	-0.0576	-0.7570	0.5480	-0.7669		
11	0.0295	-0.1688	1.4630*	-0.6025	-0.2881	-0.3834	0.7652	-0.3498	-0.7027	0.3755	
12	0.6024	-0.4419	-0.1931	0.5434	-0.1222	0.1955	-0.1319	-0.1199	-0.1628	-0.0316	-0.1384

Cuadro 31 Efectos de aptitud combinatoria específica para ASI en cuatro localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.1301										
3	0.0075	0.0296									
4	0.5269	-0.3840	-0.0884								
5	-0.0635	-0.1904	-0.4108	-0.2564							
6	-0.7390	0.2401	-0.5033	-0.2299	0.7347						
7	-0.5179	0.4512	-0.0752	0.2482	0.1088	0.0813					
8	0.6982	0.4343	-0.0841	-0.3717	-0.1021	0.0824	-0.7975				
9	-0.6754	-0.5093	-0.2727	0.7037	-0.0827	-0.1082	0.6699	0.3820			
10	0.0521	0.4622	-0.0242	-0.0628	0.0068	0.2523	-0.4726	0.2845	0.0259		
11	0.1101	0.4762	1.3298*	-0.3448	-0.5392	-0.0147	-0.1046	-0.0225	-0.2361	0.0154	
12	0.7311	-0.8798	0.0918	0.2592	0.7948	0.2043	0.4084	-0.5035	0.1029	-0.5396	-0.6696

Cuadro 32 Efectos de aptitud combinatoria específica para ASI en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.9047										
3	-0.5863	0.4977									
4	0.4707	-0.0853	-1.2563								
5	-0.3613	-0.7573	0.0817	-1.5813							
6	0.2857	0.3797	-0.2013	1.0657	0.8537						
7	-0.3003	0.2337	0.0927	0.2497	-0.2523	-0.4753					
8	-0.5013	-0.7973	0.3517	0.6487	-0.3633	-0.4063	0.5377				
9	0.4827	0.2067	0.2757	0.2927	2.2407*	-0.2923	0.0817	0.0807			
10	-0.5283	0.3757	-0.5753	0.2617	1.2297	-0.2533	-1.3493	0.7897	-1.5963		
11	0.2643	-0.7703	1.5387	0.6843	-0.1963	0.8393	1.7447	0.6263	1.1023	0.7467	
12	0.3977	-0.1883	-0.2193	0.6177	-0.8943	-0.1173	-0.5633	0.2857	-0.6703	0.8987	0.4527

Cuadro 33 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de planta en siete localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-4.2251										
3	-14.7081*	5.0629									
4	3.4367	2.1207	-3.8053								
5	4.6119	-1.8761	-0.4211	-6.2293							
6	1.5349	5.3969	4.0149	0.7557	-2.6861						
7	1.8901	-3.6489	2.6581	-5.7081	0.0350	0.3811					
8	9.0489	-4.1061	0.1299	-5.6853	7.0309	-1.3521	1.5801				
9	0.9869	2.9239	-0.5601	-2.4453	-3.3231	-2.6011	-1.9209	-0.5861			
10	2.7175	-0.7075	5.7345	2.5223	-3.8815	3.0165	-0.8743	-5.9555	-0.0565		
11	1.2022	2.7212	1.4262	1.7760	4.2522	-4.0338	1.4854	-1.6188	2.9852	-0.4252	
12	-6.4964	-3.6624	0.4676	13.2614*	2.4866	-4.4274	4.1218	1.5136	4.5966	-2.0908	-9.7711

Cuadro 34 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de planta en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-4.1656										
3	-15.7535*	7.0564									
4	1.5648	0.0097	-4.8382								
5	4.3189	-1.2792	0.9219	-7.3908							
6	2.7296	8.6545	3.4786	3.9389	-3.1580						
7	0.0112	-5.9559	3.2912	-4.4815	-1.4764	0.7713					
8	8.7525	-5.3766	-3.2255	-5.4872	6.7789	-2.4934	5.7732				
9	1.6199	2.5298	0.9449	-0.7578	-1.9197	-4.0910	-5.9764	-0.4781			
10	0.7436	-0.8585	5.5416	2.2319	-4.3980	3.5677	2.7223	-5.1534	0.6620		
11	2.7055	3.2764	1.8485	1.8128	5.7329	-7.1394	-0.3098	-3.0985	6.0319	-0.7624	
12	-2.5272	-3.8913	0.7338	13.3971*	1.8692	-6.2591	5.6305	4.0078	1.4342	-4.2971	-10.0982

Cuadro 35 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de planta en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-12.0677*										
3	-16.5377**	3.0753									
4	7.0983	4.2113	3.3813								
5	8.2503	-1.5467	-3.3467	-7.4307							
6	1.2523	-3.1547	7.3053	-4.6887	-0.6967						
7	7.4393	-2.0377	1.2323	-7.9817	1.7303	-0.9277					
8	8.3173	-0.0797	7.3403	-7.4437	4.3883	3.2103	-3.5227				
9	-1.9577	4.7653	-1.2147	-6.9187	-6.5367	-2.7347	7.3423	-0.0797			
10	9.4943	4.9073	5.1973	0.9433	1.0953	0.3373	-9.4057	-8.0877	-3.6527		
11	-1.5197	6.4233	-1.0367	1.2593	2.0013	-1.2567	7.7603	-0.2017	-2.5967	-1.0947	
12	-9.7687	-4.4957	-5.3957	17.5703**	2.0923	1.3543	-1.6287	-3.8407	13.5843	0.2663	-9.7377

Cuadro 36 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca en siete localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.5763										
3	-11.6764*	5.4947									
4	1.8146	-0.7203	-0.2010								
5	1.0772	-3.9697	2.9126	-5.1654							
6	0.8718	5.7079	1.9702	3.3112	-1.3032						
7	2.8109	-2.1590	-0.9807	-3.0917	-1.2521	-1.6955					
8	9.6300	-3.4709	0.9974	-7.9836	3.4740	-3.5824	2.6777				
9	-0.9895	1.1166	1.0529	0.8069	-2.8885	-3.8139	0.0562	3.2403			
10	-1.5979	1.5272	3.1085	2.9965	-1.6629	2.4187	0.0772	-4.2321	1.3986		
11	2.2840	-1.3219	-1.7446	1.4474	5.3310	1.3676	-0.0683	-5.2692	1.3873	0.8469	
12	-4.8014	-2.7813	-0.9340	6.7850	3.4466	-5.2528	3.7793	4.5184	1.4299	-1.9295	-4.2606

Cuadro 37 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.0236										
3	-11.6815*	8.1440									
4	-0.5230	-3.1065	1.0606								
5	0.3452	-3.8493	4.1148	-5.7427							
6	2.0158	6.5433	2.0834	5.7849	-2.1249						
7	3.2944	-3.2101	0.7820	-2.3125	-1.1653	-0.7637					
8	9.1955	-4.2610	-2.1869	-7.6884	2.9338	-5.1786	3.0310				
9	-3.4172	0.1223	-0.4086	1.0849	1.3391	-6.1993	-1.6977	5.2614			
10	-3.3249	2.9346	0.7047	2.5152	-2.7096	1.9400	1.5046	-2.4443	1.3940		
11	5.5678	-2.5947	-0.3596	2.7809	6.2401	2.8457	-3.9277	-5.5176	2.0837	-1.2310	
12	-1.4490	-0.6995	-2.2534	6.1461	0.6183	-6.9471	4.4645	6.8546	0.4369	-1.2838	-5.8881

Cuadro 38 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-3.1804										
3	-11.6294**	-0.6434									
4	5.0256	3.6916	3.3826								
5	5.8976	-3.3164	0.0546	-5.7204							
6	-0.5854	2.6706	3.9416	-2.4434	-1.0914						
7	3.4446	0.0806	-6.5884	-3.5834	-2.0914	-5.4044					
8	7.6696	-0.9444	7.0266	-7.8684	1.9736	3.5106	5.5606				
9	2.6586	1.7846	5.8856	-2.5494	-11.2574**	-0.5704	5.2396	-1.4354			
10	4.5056	1.8016	7.5726	3.2276	2.8196	0.9066	-3.5834	-9.3484*	-7.4994		
11	-3.4264	4.6296	-6.6594	-1.7744	4.9376	-0.7454	7.5046	-5.8004	0.0786	2.2556	
12	-10.3804*	-6.5744	-2.3434	8.6116*	7.7936	-0.1894	-0.5794	-0.3444	7.6646	-2.6584	-1.0004

4.2.2.5 Altura de mazorca/altura de planta

En los Cuadros 39, 40 y 41, se presentan los resultados de los efectos de aptitud combinatoria específica para el carácter altura de mazorca/altura de planta. En los análisis combinados para ocho localidades y en el de las tres con estrés, ninguna craza presentó valores significativos en los efectos de aptitud combinatoria específica. En el análisis de las cinco localidades sin estrés, la craza 6x11 (LSH20xCML254) mostró efectos positivos significativos, lo cual es una característica poco deseable, ya que al aumentar la proporción de altura de mazorca sobre altura de planta, la cosecha manual mecánica se dificulta.

4.2.2.6 Acame de raíz y acame de tallo.

Para la variable acame de raíz, no se detectaron cruzas con efectos de aptitud combinatoria específica significativos en ninguno de los tres análisis combinados (Cuadros 42, 43 y 44).

El acame de tallo, presentó resultados similares al acame de raíz, con la excepción del análisis combinado para las tres localidades bajo estrés, en donde las cruzas 3x9 (LE22xL56) y 6x10 (LSH20xLSH36), mostraron efectos positivos significativos, lo cual es indeseable, ya que hay un mayor porcentaje de acame en estas cruzas (Cuadros 45, 46 y 47).

4.2.2.7 Número de mazorcas por planta.

Con relación a la variable número de mazorcas por planta, los resultados se presentan en los Cuadros 48, 49 y 50, en donde se puede observar que la craza 8x10 (LSH297xLSH36) es la única que presenta efectos significativos negativos en los análisis combinados de ocho localidades y de las cinco localidades de no estrés. En las

localidades bajo estrés no se detectaron cruzas con efectos significativos. El efecto negativo indica un menor número de mazorcas por planta, por lo que es un efecto indeseable en las cruzas.

4.2.2.8 Porcentaje de pudrición de mazorca

En los Cuadros 51, 52 y 53, se presentan los resultados de los efectos de aptitud combinatoria específica para el carácter pudrición de mazorca. En los análisis combinados para ocho localidades y las tres localidades bajo estrés, no se detectaron cruzas con valores de efectos significativos, y sólo en el análisis para cinco localidades se encontró la cruz 5x7 (LSH17xLSH44) que mostró efectos positivos altamente significativos.

4.2.2.9 Porcentaje de humedad del grano.

En los Cuadros 54, 55 y 56, se presentan los resultados de los efectos de aptitud combinatoria específica para el carácter porcentaje de humedad en la mazorca. En los análisis combinados para ocho localidades y cinco localidades de no estrés, no se detectaron cruzas con efectos significativos. En el análisis para las tres localidades bajo estrés, las cruzas 1x8 (LE21xLSH297) y 4x10 (LSH1xLSH36), presentaron efectos positivos significativos, mientras que las cruzas 1x10 (LE21xLSH36), 5x8 (LSH17xLSH297) y 6x10 (LSH20xLSH36) presentaron efectos negativos significativos. En general los efectos negativos son los más deseables, ya que las cruzas tienden a ser más precoces.

Cuadro 39 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca/altura de planta siete localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.0138										
3	-0.0158	0.0169									
4	0.0050	-0.0103	0.0131								
5	-0.0071	-0.0094	0.0170	-0.0202							
6	-0.0022	0.0215	-0.0051	0.0157	0.0006						
7	0.0142	-0.0061	-0.0147	-0.0039	-0.0080	-0.0101					
8	0.0235	-0.0058	-0.0044	-0.0176	0.0063	-0.0178	0.0096				
9	-0.0049	-0.0132	0.0092	0.0210	-0.0071	-0.0222	0.0022	0.0115			
10	-0.0216	0.0071	0.0045	0.0113	0.0008	0.0091	0.0035	0.0022	0.0056		
11	-0.0014	-0.0087	0.0113	-0.0155	0.0204	0.0243	0.0017	-0.0220	0.0056	0.0039	
12	-0.0040	-0.0063	-0.0099	0.0009	0.0078	-0.0143	0.0111	0.0184	0.0030	-0.0097	0.0025

Cuadro 40 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca/altura de planta en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.0115										
3	-0.0132	0.0237									
4	0.0043	-0.0178	0.0235								
5	-0.0110	-0.0071	0.0202	-0.0233							
6	-0.0011	0.0188	-0.0049	0.0196	-0.0017						
7	0.0213	-0.0088	-0.0035	-0.0050	-0.0063	-0.0054					
8	0.0191	-0.0060	-0.0127	-0.0122	0.0075	-0.0266	-0.0002				
9	-0.0177	-0.0178	-0.0065	0.0170	0.0107	-0.0304	0.0050	0.0208			
10	-0.0256	0.0143	-0.0034	0.0071	-0.0032	0.0047	-0.0029	0.0079	0.0091		
11	0.0071	-0.0150	-0.0047	-0.0132	0.0185	0.0454*	-0.0082	-0.0204	0.0008	-0.0041	
12	0.0049	0.0038	-0.0189	-0.0004	-0.0047	-0.0188	0.0136	0.0224	0.0086	-0.0043	-0.0066

Cuadro 41 Efectos de aptitud combinatoria específica para altura de mazorca/altura de planta en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.0213										
3	-0.0157	-0.0057									
4	0.0003	0.0103	0.0033								
5	0.0083	-0.0117	0.0113	-0.0127							
6	-0.0067	0.0233	-0.0037	0.0023	0.0003						
7	-0.0047	0.0053	-0.0417	0.0043	-0.0177	-0.0227					
8	0.0213	-0.0087	0.0143	-0.0197	-0.0017	0.0033	0.0453				
9	0.0243	-0.0057	0.0373	0.0133	-0.0387	0.0063	-0.0017	-0.0057			
10	-0.0077	-0.0077	0.0253	0.0113	0.0093	0.0043	0.0163	-0.0277	-0.0247		
11	-0.0187	0.0013	-0.0257	-0.0097	0.0183	0.0033	0.0153	-0.0287	0.0043	0.0123	
12	-0.0217	-0.0217	0.0013	-0.0027	0.0353	-0.0097	0.0023	0.0083	-0.0087	-0.0107	0.0283

Cuadro 42 Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de raíz en ocho localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	1.1619										
3	2.0644	3.9092									
4	4.4283	-4.7849	3.6046								
5	-6.2650	3.5438	-1.3967	-0.9448							
6	0.1690	-0.9972	0.3313	-6.8678	1.3279						
7	4.7202	1.5790	-3.3975	-0.1466	3.6211	-0.8419					
8	-5.5923	2.1215	1.5360	-0.0281	-1.4894	2.5616	-4.9782				
9	-0.2521	-0.7683	0.0062	-0.8409	-0.9642	3.0208	1.1040	2.0915			
10	8.0396	-13.1066	0.3829	3.8388	0.6715	-3.0465	-0.7933	5.4892	-7.3806		
11	-5.2641	7.0927	-7.4178	4.0091	-2.8112	3.8688	-1.0960	6.2925	-0.2463	-0.8706	
12	-3.2102	0.2486	0.3771	-2.2680	4.7067	0.4737	0.2289	-8.0046	4.2296	6.7753	-3.5574

Cuadro 43 Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de raíz en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	3.0765										
3	6.1986	1.8573									
4	3.7333	-1.1980	-2.7789								
5	-3.4048	4.2569	-0.2140	-5.8713							
6	-1.7638	0.4869	-1.3940	-7.1993	1.3066						
7	5.3950	-1.8373	-0.3402	1.6135	2.6404	-1.6376					
8	-7.9589	2.6538	-0.3311	3.0146	-0.1715	1.7645	-4.7407				
9	-1.7941	-1.8164	-1.6683	3.5844	-3.5077	6.7193	1.1451	4.0142			
10	6.9663	-8.4060	-1.9989	6.3388	0.1007	0.8417	-6.0355	2.3266	-6.5906		
11	-7.3436	3.3701	-0.5368	4.2319	0.5828	1.4558	1.0056	3.3597	-5.2775	1.7779	
12	-3.1041	-2.4434	1.2067	-5.4686	4.2823	-0.5797	2.7921	-3.9308	5.1920	4.6794	-2.6255

Cuadro 44 Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de raíz en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-1.1185										
3	-1.1495	3.9575									
4	2.8565	-6.4165	11.2225								
5	-8.0575	2.7895	-5.4315	7.5245							
6	2.5415	-4.1815	0.1175	-3.0665	1.5195						
7	1.2965	7.0235	-5.3875	-3.8215	4.5945	1.2435					
8	-0.9175	0.2495	8.4585	-8.0255	-3.6695	3.7095	-3.4755				
9	1.9905	-0.8325	5.3065	-7.4175	0.9085	-0.4725	-1.9975	-1.9315			
10	7.4415	-17.8115	2.4075	-0.4765	2.0595	-8.4315	8.5635	9.3395	-6.1925		
11	0.9005	11.6975	-16.1335	3.7825	-7.2415	7.1375	-5.4175	9.3985	5.0965	-6.0625	
12	-5.7845	4.6425	-3.3685	3.8375	5.0035	-0.1175	-2.6225	-13.1365	5.5415	9.1625	-3.1585



Cuadro 45 Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de tallo en ocho localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	1.7428										
3	-0.3596	-1.0502									
4	2.0672	-0.5084	-0.5508								
5	-1.1242	-0.1968	-0.5292	0.2826							
6	-3.2961	-0.9207	1.6909	-1.0903	0.6623						
7	-3.7586	2.2408	-1.3616	0.0862	0.0428	-0.4841					
8	1.1346	0.9030	-4.1304	0.2164	1.3870	-0.7079	2.9386				
9	0.4191	-0.6155	4.2511	-0.0931	-0.1705	0.0406	-0.0249	-2.6737			
10	2.3849	-1.6067	1.5089	-1.7973	0.0503	3.9364	-0.8671	-0.3619	-0.6674		
11	-0.8172	0.6252	-1.3152	2.0536	0.0812	0.2463	0.9198	1.5920	-0.0025	-2.4217	
12	1.6073	-0.6133	1.8463	-0.6659	-0.4853	-0.0772	0.2683	-0.2975	-0.4630	-0.1582	-0.9613

Cuadro 46 Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de tallo en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.6700										
3	0.2155	0.2384									
4	1.4530	-1.0311	-0.6326								
5	-0.0483	-0.6654	0.3101	-0.1564							
6	-2.3080	-0.5931	1.0454	-0.7381	0.5136						
7	-2.2465	2.4224	-0.0201	0.2504	-0.9239	-1.4306					
8	2.5117	0.4456	-2.5529	0.9606	-0.1157	-1.0644	3.0371				
9	0.1419	-0.1292	-0.7697	1.3398	0.0515	1.7958	-1.2477	-2.3055			
10	1.0224	-0.7067	2.2328	-1.6417	0.9640	0.6313	-0.5832	-0.6110	0.0542		
11	0.8557	0.4646	-1.3039	0.4756	-0.3197	0.4386	0.4231	0.8593	0.0935	-1.7740	
12	-2.2677	-1.1158	1.2367	-0.2798	0.3899	1.7092	0.3187	-1.1651	0.9751	0.4116	-0.2131

Cuadro 47 Efectos de aptitud combinatoria específica para acame de tallo en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	2.7886										
3	-1.6824	-2.5174									
4	1.9616	1.1666	-0.1944								
5	-3.2804	0.6446	-2.6064	1.9376							
6	-4.9824	-2.1374	2.2516	-2.0144	0.2436						
7	-5.4004	2.6946	-4.0264	0.0376	2.2956	0.9036					
8	-3.0544	1.7306	-5.8504	-1.7864	4.6416	0.5996	1.1316				
9	1.5476	-2.1674	14.7216**	-3.4344	-1.1764	-2.5684	3.0836	-2.3404			
10	6.9266	-3.4184	-1.3494	-1.2154	-2.4274	10.7606*	-1.7674	0.5786	3.1594		
11	-4.5484	0.7566	-1.0944	5.0496	1.0576	-0.3344	1.7176	2.6736	-0.3644	-3.0054	
12	9.7236	0.4586	2.3476	-1.5084	-1.3304	-2.7224	-0.6704	1.6756	-4.1424	-1.9234	-1.9084

Cuadro 48 Efectos de aptitud combinatoria específica para mazorcas por planta en ocho localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.0444										
3	0.0174	-0.0091									
4	-0.0120	0.0305	0.0713								
5	-0.0750	0.0415	-0.0187	-0.0211							
6	0.0085	0.0420	0.0048	-0.0166	-0.0726						
7	0.0204	0.0159	-0.0243	0.0373	-0.0427	-0.0372					
8	0.0716	0.0101	-0.0241	-0.0265	0.0215	0.0150	0.0899				
9	0.0234	-0.0011	0.0397	-0.0377	-0.0247	-0.0652	-0.0363	-0.0231			
10	-0.0006	-0.0331	0.0717	-0.0037	0.0063	0.0078	0.0377	-0.1221*	0.0477		
11	-0.0045	-0.0440	-0.0792	-0.0066	0.1014	0.0879	-0.0132	-0.0120	0.0598	-0.0472	
12	-0.0043	-0.0078	-0.0490	-0.0144	0.0846	0.0261	-0.0470	0.0002	0.0180	0.0360	-0.0419

Cuadro 49 Efectos de aptitud combinatoria específica para mazorcas por planta en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.0372										
3	0.0692	0.0243									
4	-0.0085	0.0156	0.0420								
5	-0.0529	0.0282	-0.0284	-0.0211							
6	-0.0038	0.0163	0.0187	-0.0040	-0.0624						
7	-0.0354	-0.0223	-0.0139	-0.0046	-0.0200	0.0119					
8	0.0520	-0.0189	-0.0665	0.0278	0.0604	-0.0635	0.1169				
9	-0.0219	0.0102	0.0156	-0.0221	-0.0035	-0.0354	0.0040	0.0114			
10	-0.0075	0.0256	0.0260	-0.0307	-0.0331	0.0040	0.0754	-0.1232*	0.0459		
11	0.0714	-0.0725	-0.0571	-0.0398	0.0698	0.0749	-0.0357	0.0207	0.0558	-0.0228	
12	-0.0251	0.0310	-0.0296	0.0457	0.0633	0.0674	-0.0522	-0.0168	-0.0597	0.0407	-0.0644

Cuadro 50 Efectos de aptitud combinatoria específica para mazorcas por planta en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.0402										
3	-0.0262	-0.0662									
4	-0.0282	0.0518	0.1058								
5	-0.0572	0.0628	-0.0232	-0.0052							
6	0.0228	0.0928	-0.0232	-0.0052	-0.0842						
7	0.0658	0.0558	-0.0202	0.0778	-0.0712	-0.0712					
8	0.0888	0.0388	0.0228	-0.1092	-0.0282	0.1118	0.0548				
9	0.0768	-0.0232	0.0708	-0.0512	-0.0702	-0.1002	-0.0972	-0.0342			
10	-0.0032	-0.1032	0.1008	0.0588	0.0398	-0.0002	0.0128	-0.1442	0.0538		
11	-0.0652	-0.0052	-0.1012	0.0068	0.1278	0.0878	0.0008	-0.0062	0.0418	-0.0682	
12	-0.0342	-0.0642	-0.0402	-0.1022	0.1088	-0.0312	-0.0082	0.0048	0.1328	0.0528	-0.0192

Cuadro 51 Efectos de aptitud combinatoria específica para pudrición de mazorca en ocho localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.6042										
3	5.7883	-6.6688									
4	-0.1870	1.5039	-4.5990								
5	-1.2686	1.8933	-1.1426	-4.7769							
6	-5.2219	2.5170	4.3621	-0.7092	0.3872						
7	-7.0409	-5.5920	1.7951	13.2488	3.7872	-4.2611					
8	-1.2498	-0.3949	-0.2508	0.4389	2.7783	-4.8040	1.1100				
9	3.7151	5.3630	-2.6559	1.5938	-3.3048	1.2119	2.1039	1.8290			
10	1.7568	-1.6443	-1.6732	2.7765	-2.8581	2.5576	-4.5494	6.4737	-4.9574		
11	2.8467	1.6256	3.5067	-1.4626	3.3708	1.2965	4.6945	2.5384	4.7735	1.0382	
12	0.2572	0.7931	1.5382	-7.8271	1.1343	2.6640	4.0930	-3.3919	-0.1250	1.0797	-0.2154

Cuadro 52 Efectos de aptitud combinatoria específica para pudrición de mazorca en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	2.8689										
3	6.4067	-0.7191									
4	-0.1269	-0.2817	-4.6969								
5	-2.3251	1.4030	-3.4691	-3.9067							
6	-3.4538	-0.9926	4.0962	-2.5064	-0.0646						
7	-8.7948	-3.7006	-0.2388	20.0946**	5.6964	-6.0903					
8	0.7171	-1.6207	-6.4439	0.0575	1.2953	0.0316	-1.9774				
9	-1.1036	5.5546	-1.0456	-3.3242	-3.1474	-0.3741	9.4689	2.9518			
10	5.5831	-0.6867	0.5291	1.5595	2.0753	0.3056	-8.1124	3.0675	-6.3052		
11	2.5576	0.9738	-0.1604	-0.6460	2.2408	3.1411	-5.8979	1.2920	-4.2737	2.5190	
12	-2.3291	-2.7989	5.7419	-6.2227	0.2021	5.9074	-0.4476	0.6293	1.5986	-0.5347	-1.7462

Cuadro 53 Efectos de aptitud combinatoria específica para pudrición de mazorca en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-3.0149										
3	5.5951	-15.0389									
4	-0.3489	4.0771	-3.6629								
5	0.5401	3.5961	-0.0539	-4.2479							
6	-8.0459	6.2301	6.0401	2.1261	-1.5349						
7	-5.9619	-8.0959	3.2741	2.3801	0.7191	-0.7069					
8	-2.9699	0.3961	9.2361	0.9721	5.3611	-10.9849	5.1291				
9	10.9241	6.3201	-4.6399	6.5561	-3.8549	4.2091	-4.7569	-1.8249			
10	-4.2549	-2.6889	-4.4189	5.2871	8.3239	4.1501	1.1441	10.2361	3.4699		
11	3.7211	1.5671	7.8871	2.6769	5.3721	1.0939	-1.7499	-7.7279	-5.7339	-1.1529	
12	3.8161	6.6521	-4.2179	-10.4619	2.4271	-0.3889	8.6251	-7.8129	-3.7289	3.5021	1.5881

Cuadro 54 Efectos de aptitud combinatoria específica para humedad en ocho localidades.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.5335										
3	-1.1689	0.1579									
4	0.3968	-1.0084	-0.5158								
5	0.0917	-0.9055	0.6841	-0.4232							
6	0.7113	0.0101	0.4727	0.0144	0.3773						
7	-0.0804	0.6504	0.5710	0.5077	-0.2554	-0.4718					
8	1.0120	0.0028	0.8624	0.0651	-0.6510	-0.6454	-0.3661				
9	-0.1147	-0.1319	0.7417	0.2424	0.3673	0.5259	-0.8478	-0.9624			
10	-1.7386	0.6152	-0.0052	0.7995	0.7524	-1.3150	-0.1387	0.6837	0.2920		
11	0.0252	-0.6180	-1.1934	-0.1897	0.0272	0.9378	0.5321	-0.4205	0.2958	0.2089	
12	0.3322	0.6940	-0.6064	0.1113	-0.0648	-0.6172	-0.1009	0.4195	-0.4082	-0.1541	0.3947

Cuadro 55 Efectos de aptitud combinatoria específica para humedad en cinco localidades sin estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0.5045										
3	-1.5762	0.9486									
4	1.8276	-0.9256	-0.0233								
5	0.0445	-0.4907	0.6546	-0.9656							
6	0.6388	-0.1754	0.1529	0.3367	1.0366						
7	0.0961	0.3049	0.6932	0.5360	-0.2161	-0.8688					
8	0.3650	-0.1052	0.2361	0.4739	0.3838	-0.2709	-1.4816				
9	0.0158	-0.5674	0.5869	-0.4893	0.6266	0.1149	-0.9418	-0.4919			
10	-1.2780	0.0758	0.1081	-0.1891	0.7628	-0.7639	0.5004	1.0743	0.4571		
11	-0.8500	0.1978	-1.0999	-0.6091	-0.7882	0.4591	1.0624	0.7117	1.0841	0.4777	
12	0.2124	0.2332	-0.6805	0.0283	-1.0478	-0.6595	0.3158	0.5287	-0.3945	-0.2693	1.7337

Cuadro 56 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica para humedad en tres localidades con estrés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	-0.0975										
3	-1.0125	-0.5575									
4	-0.7675	-1.2725	-1.4775								
5	0.3965	-1.3185	1.0365	0.2415							
6	0.4995	0.4145	1.1595	-0.3755	-0.0815						
7	-0.3415	0.8035	0.8085	-0.0065	-0.3525	-0.0495					
8	2.2955*	0.3505	1.7355	0.1105	-2.2455*	-1.4625	0.9265				
9	0.2695	0.7445	0.8195	1.0745	-0.2515	0.9015	-0.6595	-1.5625			
10	-2.5595*	1.5755	-0.1995	2.1755*	0.7695	-2.1275*	-1.2985	0.2285	0.0625		
11	0.7875	-1.4975	-1.4925	-0.0275	0.8765	1.5195	0.2485	-0.6245	-0.5505	1.4405	
12	0.5305	0.8555	-0.8195	0.3255	0.9295	-0.3975	-0.0785	0.2485	-0.8475	-0.0665	-0.6795

4.3 Interacción Genético-Ambiental.

4.3.1 Parámetros de estabilidad.

Para la estimación de los parámetros de estabilidad se consideraron solamente los caracteres: rendimiento de grano, sincronía floral o ASI y el número de mazorcas por planta, debido a la importancia económica y al papel que juegan los dos últimos en la expresión del rendimiento en condiciones de sequía. En el Cuadro 21 A se presentan las genealogías de las cruzas evaluadas.

4.3.1.1 Rendimiento de grano.

En el Cuadro 57, se presenta el análisis de varianza de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell (1966) para el parámetro S^2_{di} . En dicho cuadro, se detectó una diferencia altamente significativa (1%) para las fuentes de variación de cruzas y para la interacción de variedades por ambiente (lineal), por lo que se estimaron los coeficientes de regresión para cada craza. En el Cuadro 58 se presentan las medias de rendimiento ordenadas en forma descendente, con su correspondiente coeficiente de regresión (b_i) y desviaciones de regresión de 66 cruzas y dos testigos.

De acuerdo a la clasificación de Carballo y Márquez (1970), se puede decir que dentro del primer grupo de materiales con mayor rendimiento e iguales estadísticamente del cuadro antes citado, las cruzas 59 (LSH297xCML254), 45 (LSH17xCML247), 5 (LE21xLSH20), 32 (LSH1xLSH20) y 34 (LSH1xLSH297), son materiales que responden mejor a los ambientes favorables y son consistentes, de tal forma que se pueden recomendar en aquellos ambientes en donde no haya limitación de humedad, de fertilizantes nitrogenados y control de maleza. Por su parte, las cruzas: 37 (LSH1xCML254), 14 (LE25xLSH17), 50 (LSH20xCML254), 13 (LE25xLSH1), 15 (LE25xLSH20), 43 (LSH17xLSH36), 64 (LSH36xCML254), 31 (LSH1xLSH17), 18 (LE25xL56) y 42 (LSH17xL56) fueron las que se comportaron como estables y consistentes, por lo que estas pueden utilizarse en ambientes que presenten algún

grado de estrés. El resto de las cruzas fueron inconsistentes a través de ambientes (con b_i diferente de uno y S^2_{di} diferente de cero).

Cuadro 57 Análisis de varianza de parámetros de estabilidad par el carácter rendimiento de grano en ocho localidades.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft
TOTAL	543	4070.187			
Varietades	67	240.027	3.5825	3.446 **	1.32, 1.47
Residual	476	3830.16			
Ambiente (lineal)	1	3266.489			
VxA (lineal)	67	139.505	2.0822	2.003 **	1.32, 1.47
Desv pond	408	424.166	1.0396		
					2.1, 2.8
V1	6	2.602273719	0.4337	1.289	NS
V2	6	31.68752319	5.2813	15.695	**
V3	6	8.059586575	1.3433	3.992	**
V4	6	5.911442128	0.9852	2.928	**
V5	6	1.581169389	0.2635	0.783	NS
V6	6	7.528169807	1.2547	3.729	**
V7	6	7.361029415	1.2268	3.646	**
V8	6	12.33330002	2.0556	6.109	**
V9	6	5.784790195	0.9641	2.865	**
V10	6	4.227369708	0.7046	2.094	NS
V11	6	3.757901268	0.6263	1.861	NS
V12	6	5.648534586	0.9414	2.798	*
V13	6	1.320787355	0.2201	0.654	NS
V14	6	1.609321091	0.2682	0.797	NS
V15	6	2.517667357	0.4196	1.247	NS
V16	6	1.616749146	0.2695	0.801	NS
V17	6	6.245303634	1.0409	3.093	**
V18	6	4.129270719	0.6882	2.045	NS
V19	6	9.54311415	1.5905	4.727	**
V20	6	13.72036909	2.2867	6.796	**
V21	6	3.642400144	0.6071	1.804	NS
V22	6	6.9243752	1.1541	3.430	**
V23	6	7.157979145	1.1930	3.545	**
V24	6	5.080113478	0.8467	2.516	*
V25	6	4.318406307	0.7197	2.139	*
V26	6	3.307918123	0.5513	1.638	NS
V27	6	9.783464138	1.6306	4.846	**
V28	6	6.254807729	1.0425	3.098	**

V29	6	3.22362824	0.5373	1.597	NS
V30	6	14.78512164	2.4642	7.323	**
V31	6	1.912126176	0.3187	0.947	NS
V32	6	0.04342816	0.0072	0.022	NS
V33	6	2.873102347	0.4789	1.423	NS
V34	6	1.027855995	0.1713	0.509	NS
V35	6	3.534175874	0.5890	1.750	NS
V36	6	8.323346217	1.3872	4.123	**
V37	6	3.734823521	0.6225	1.850	NS
V38	6	6.927592744	1.1546	3.431	**
V39	6	0.724161094	0.1207	0.359	NS
V40	6	5.790787853	0.9651	2.868	**
V41	6	6.703963436	1.1173	3.320	**
V42	6	3.692757486	0.6155	1.829	NS
V43	6	3.331033702	0.5552	1.650	NS
V44	6	11.05834225	1.8431	5.477	**
V45	6	1.266648063	0.2111	0.627	NS
V46	6	2.297038016	0.3828	1.138	NS
V47	6	5.159449061	0.8599	2.555	*
V48	6	4.486226156	0.7477	2.222	*
V49	6	4.724987081	0.7875	2.340	*
V50	6	1.994215996	0.3324	0.988	NS
V51	6	1.866565677	0.3111	0.925	NS
V52	6	7.412565644	1.2354	3.671	**
V53	6	2.925378375	0.4876	1.449	NS
V54	6	20.13743573	3.3562	9.974	**
V55	6	21.96497629	3.6608	10.879	**
V56	6	19.0339662	3.1723	9.427	**
V57	6	1.119396569	0.1866	0.554	NS
V58	6	9.14041091	1.5234	4.527	**
V59	6	3.79832624	0.6331	1.881	NS
V60	6	4.772375164	0.7954	2.364	*
V61	6	3.81549996	0.6359	1.890	NS
V62	6	6.863879253	1.1440	3.400	**
V63	6	12.21773792	2.0363	6.051	**
V64	6	3.138118601	0.5230	1.554	NS
V65	6	3.119007915	0.5198	1.545	NS
V66	6	8.984212191	1.4974	4.450	**
V67	6	7.199085542	1.1998	3.566	**
V68	6	5.387326686	0.8979	2.668	*

Error ponderado	483	0.3365
-----------------	-----	--------

* y ** significativos al 5 y 1% respectivamente

Cuadro 58 Media de rendimiento de grano, coeficiente de regresión b_i y desviaciones de regresión S^2_{di} de cruzas en ocho localidades.

Variedad	Media de rendimiento Ton/ha	b_i		Desviaciones de regresión	
52	7.33	1.41	*	0.8989	**
38	7.09	1.22	NS	0.8181	**
60	7.09	1.27	NS	0.4589	*
59	7.02	1.30	*	0.2966	NS
62	7.00	1.07	NS	0.8075	**
37	6.98	1.02	NS	0.2860	NS
7	6.94	1.14	NS	0.8903	**
14	6.93	0.86	NS	-0.0683	NS
50	6.90	1.18	NS	-0.0041	NS
44	6.88	1.24	NS	1.5066	**
68	6.87	1.30	NS	0.5614	*
45	6.78	1.21	*	-0.1254	NS
41	6.76	1.39	*	0.7808	**
13	6.75	1.07	NS	-0.1164	NS
5	6.67	1.21	*	-0.0730	NS
15	6.63	1.02	NS	0.0831	NS
67	6.62	1.00	NS	0.8633	**
47	6.62	1.22	NS	0.5234	*
32	6.62	1.13	**	-0.3293	NS
34	6.59	1.34	**	-0.1652	NS
17	6.57	1.23	NS	0.7044	**
43	6.50	0.87	NS	0.2187	NS
55	6.49	0.86	NS	3.3243	**
64	6.44	1.10	NS	0.1865	NS
36	6.42	0.94	NS	1.0507	**
49	6.40	0.99	NS	0.4510	*
31	6.38	1.09	NS	-0.0178	NS
3	6.37	0.85	NS	1.0068	**
22	6.36	0.95	NS	0.8176	**
54	6.35	0.96	NS	3.0197	**
18	6.32	1.02	NS	0.3517	NS
42	6.23	1.06	NS	0.2790	NS
33	6.17	1.17	NS	0.1424	NS
61	6.15	0.95	NS	0.2994	NS
6	6.13	1.03	NS	0.9182	**
57	6.09	1.15	*	-0.1499	NS
65	6.09	0.91	NS	0.1833	NS
4	6.04	1.04	NS	0.6487	**
58	6.01	1.07	NS	1.1869	**
16	5.99	0.89	NS	-0.0670	NS
19	5.99	0.85	NS	1.2540	**
48	5.95	0.98	NS	0.4112	*
23	5.95	1.19	NS	0.8565	**
20	5.94	0.90	NS	1.9502	**

26	5.94	1.06	NS	0.2148	NS
51	5.94	0.99	NS	-0.0254	NS
28	5.90	0.81	NS	0.7060	**
35	5.87	1.11	NS	0.2525	NS
21	5.86	0.86	NS	0.2706	NS
9	5.86	0.61	*	0.6276	**
8	5.86	0.96	NS	1.7191	**
46	5.84	1.02	NS	0.0463	NS
11	5.79	0.70	*	0.2898	NS
10	5.78	1.05	NS	0.3681	NS
24	5.70	0.91	NS	0.5102	*
53	5.64	1.14	NS	0.1511	NS
66	5.63	0.95	NS	1.1609	**
27	5.58	0.84	NS	1.2941	**
63	5.52	0.89	NS	1.6998	**
29	5.46	0.97	NS	0.2008	NS
1	5.29	0.68	*	0.0972	NS
56	5.28	0.71	NS	2.8358	**
40	5.13	0.93	NS	0.6286	**
39	5.09	0.80	**	-0.2158	NS
12	4.66	0.64	*	0.6049	*
2	4.52	0.57	NS	4.9448	**
25	4.48	0.74	NS	0.3832	*
30	4.10	0.61	NS	2.1277	**

DMS (5%) = 1.66

* y ** significativos al 5 y 1% respectivamente

De acuerdo al grado de resistencia a la sequía de cada línea, en el Cuadro 58B se presentan los porcentajes de las cruzas de cada línea que clasificó dentro del grupo de materiales de alto rendimiento (primer grupo del Cuadro 58) o en el grupo de cruzas estables ($b_i = 1$ Cuadro 58). Se puede observar que las líneas CML247, LE21, LE22, LE25, LSH36, LSH44 y la L56 son las que aportaron los mas altos porcentajes de sus cruzas al grupo de materiales estables; sin embargo, son también las que aportaron un menor porcentaje al grupo de alto rendimiento, lo que en cierta forma confirma la correlación positiva entre la media del rendimiento y el coeficiente de regresión b_i (menor estabilidad) reportada por Fripp y Caten (1973) y Langer *et al.*, (1979). Es importante hacer notar que tres de las líneas que dieron este tipo de resultados fueron la línea CML247 que es susceptible a la sequía la LE21, LE22 y LE25 desarrolladas por el método alternativo de endogamia.

Por su parte las líneas CML254, LSH1 y LSH17 son las que aportaron el mayor porcentaje de cruzas al grupo de los materiales más estables y de alto rendimiento, haciendo notar, que estas líneas son consideradas como tolerantes a la sequía. Las líneas resistentes a la sequía LSH20, y LSH297 aportaron un número intermedio de cruzas a los grupos de materiales estables y de alto rendimiento.

Con relación a la inconsistencia (respuesta no lineal) o falta de ajuste al modelo lineal (Molina 1992), las líneas que aportaron mayor porcentaje de cruzas al grupo de materiales menos inconsistentes fueron LE25, LSH20, LSH1 y CML247. Las líneas que aportaron porcentajes intermedios fueron CML254, LSH17 y L56. Finalmente las líneas con menor porcentaje de aportación fueron LE22, LE21, LSH297, LSH44 y LSH36, es decir, que fueron las líneas que generaron el mayor porcentaje de cruzas con respuesta no lineal.

En el Cuadro 59B se presentan los porcentajes de cruzas de cada grupo o tipo de línea clasificados dentro del grupo de alto rendimiento, grupo de estables y grupo de consistentes. Se observa que al aumentar el grado de resistencia a la sequía de las líneas, aumentó el porcentaje de cruzas dentro de cada línea en el grupo de alto rendimiento, lo que sugiere que las cruzas con líneas tolerantes o resistentes a la sequía tienen mejores rendimientos a través de localidades, incluyendo las de condiciones adversas. Por su parte en el grupo de estables el porcentaje de cruzas se mantuvo a través de los grados de resistencia a sequía, desde las líneas susceptibles hasta el grupo de tolerantes, mientras que en el grupo de cruzas con líneas resistentes se redujo el porcentaje a 64%. En cuanto al grupo de las consistentes, no se observó una correlación clara entre las cruzas de líneas susceptibles y las resistentes a la sequía.

Cuadro 58B Porcentaje de cruzas de cada línea dentro del grupo de alto rendimiento, del grupo de estables y del grupo de consistentes, en el análisis de ocho localidades.

Línea	Resistencia a la sequía	Grupo de alto rendimiento %	Grupo de estables (b=1) %	Grupo de consistentes ($S^2_{di} = 0$) %
CML247	Susceptible	20	80	60
LE21	Endogamia	27	64	36
LE22	Endogamia	9	91	9
LE25	Endogamia	27	82	82
CML254	Resistente	64	91	55
LSH20	Resistente	54	73	64
LSH297	Resistente	64	64	36
LSH1	Tolerante	92	82	64
LSH17	Tolerante	64	73	55
LSH44	Tolerante	27	91	36
L56	Tolerante	27	82	54
LSH36	Tolerante	45	91	36

Cuadro 59B Porcentaje de cruzas en los grupos de alto rendimiento, grupo de cruzas estables y grupo de cruzas consistentes aportadas según el grado de tolerancia a la sequía, en el análisis de ocho localidades.

Grupo	Cruzas con línea CML247 Susceptible (%)	Cruzas con líneas res. a endogamia (%)	Cruzas con líneas tolerantes (%)	Cruzas con líneas resistentes (%)
Rendimiento alto	20	21	49	59
Estables	80	79	84	68
Consistentes	60	42	49	50

Con el objeto de confirmar la asociación entre la media del carácter rendimiento de grano y su coeficiente de regresión, se llevo a cabo un análisis de correlación con los datos de las ocho localidades en donde se agruparon las cruzas con base al grado de tolerancia al estrés de sus líneas. de tal forma que quedaron como sigue: resistentes a la endogamia, resistentes a la sequía, la línea tolerante y la línea susceptible. En el Cuadro 59 se presentan los resultados en donde se observa que en todos los grupos de cruzas, las correlaciones fueron positivas y altamente significativas (1%). es decir que en general la correlación positiva entre la media de rendimiento de grano y el parámetro de estabilidad, el coeficiente de correlación no desapareció aún cuando se consideraron solamente las cruzas de las líneas resistentes a la sequía.

Es importante mencionar, sin embargo que se observó una tendencia en la reducción del valor de la correlación sobre todo en los últimos tres grupos, conforme se fueron conformando los grupos de líneas con mayor tolerancia a la sequía, ya que al considerar el grupo con las líneas resistentes a la endogamia la CML254 y la línea susceptible (CML247), el valor de la correlación fue el mas alto ($r = 0.99$), mientras que cuando se consideró el grupo de cruzas con las líneas de mayor resistencia a la sequía y la línea tolerante CML254 el valor de correlación se redujo a 0.56 (el valor mas bajo).

Lo anterior indica en forma general que es difícil detectar genotipos estables ($b_i = 1$) con alto rendimiento de grano, ya que la tendencia global es que los individuos con media de rendimiento alto presentan coeficientes de regresión mayores a la unidad, es decir, que responden en forma favorable en las localidades que no presentan condiciones adversas y en condiciones de estrés la media de rendimiento se abate.

Cuadro 59 Coeficientes de correlación entre la media de rendimiento de grano y su coeficiente de regresión entre diferentes grupos de cruzas considerando la resistencia a condiciones adversas en ocho localidades.

Grupo de cruzas entre líneas:	Número de cruzas	Correlación (r)
Resistentes a la endogamia, línea tolerante (CML254, y línea susceptible (CML247).	10	0.99 **
Todas las líneas con la susceptible (CML247).	11	0.91 **
Resistentes a la endogamia y línea tolerante (CML254).	6	0.86 **
Todas con la tolerante (CML254 y la susceptible (CML247).	20	0.86 **
Resistentes a endogamia.	3	0.85 **
Resistentes a endogamia con la susceptible (CML247).	6	0.83 **
Todas las líneas.	66	0.74 **
Resistentes a sequía y a endogamia.	45	0.69 **
Líneas resistentes a sequía.	21	0.63 **
Resistentes a sequía y línea tolerante (CML254).	28	0.56 **

** Significativo al 1%

Cuando se analizaron las correlaciones entre la media de rendimiento en las localidades de estrés y el coeficiente de regresión de cada craza a través de las tres localidades bajo condiciones adversas, los resultados observados en el Cuadro 59 cambiaron, tal como se puede observar en el Cuadro 60, ya que el valor de la correlación entre la media y el coeficiente de regresión desapareció ya que cuando se hizo la correlación con la media de rendimiento de las tres localidades bajo estrés el valor fue de 0.06.

Cuadro 60 Coeficientes de correlación entre la media de rendimiento de grano y su coeficiente de regresión entre las 66 cruzas bajo condiciones adversas en tres localidades

Condición	Localidad	Experimento	Correlación
Media con estrés	Tres localidades	6BN, 7SC y 8SI	0.06

4.3.1.2 Sincronía floral (ASI).

En el Cuadro 61, se presenta el análisis de varianza según el modelo de Eberhart y Russell (1966) para los parámetros b_i y S^2_{di} para el carácter sincronía floral. Se puede observar que se detectaron diferencias altamente significativas para cruzas y para la varianza de la interacción de variedades por ambiente (lineal), por lo que se procedió a estimar los coeficientes de regresión de cada craza. En el Cuadro 62, se pueden ver las medias de ASI ordenadas en forma descendente, con su correspondiente coeficiente de regresión y desviaciones de regresión de las 66 cruzas y dos testigos.

De acuerdo a la clasificación de Carballo y Márquez (1970), dentro del grupo de cruzas con intervalo negativo, (floreció primero la hembra y después el macho), o de intervalo cercano a cero, se detectaron 14 materiales como estables y consistentes, de estos coincidieron tres de intervalo negativo con las cruzas que fueron seleccionadas en el análisis para rendimiento de grano como las que respondieron mejor a los ambientes favorables y que fueron consistentes, dichas cruzas fueron: la 5 (LE21xLSH20), 32 (LSH1xLSH20) y 34 (LSH1xLSH297). Lo anterior indica que la selección para ASI negativo, o igual a cero, puede generar materiales estables para condiciones adversas.

Por otra parte, las cruzas: 37 (LSH1xCML254), 50 (LSH20xCML254), 13 (LE25xLSH1), 31 (LSH1xLSH17) y 18 (LE25xL56), fueron estables y consistentes, y coincidieron en el grupo de estables y consistentes en rendimiento de grano, por lo que estas pueden utilizarse en ambientes que presentan algún tipo de condición adversa. Es importante resaltar que la línea LSH1 se repite frecuentemente en las cruzas de alto rendimiento y que además son estables y consistentes.

4.3.1.3 Número de mazorcas por planta.

En el Cuadro 63, se presenta el análisis de varianza según el modelo de Eberhart y Russell para los parámetros b_i y S^2_{di} donde se puede ver que se detectó una diferencia altamente significativa entre cruzas, sin embargo, para la interacción variedades por ambiente (lineal) no fue significativa.

En el cuadro 64, se pueden ver las medias de mazorcas por planta acomodadas en forma descendente, coeficiente de regresión y desviaciones de regresión de las 66 cruzas y dos testigos.

Cuadro 61 Análisis de varianza de parámetros de estabilidad para el carácter ASI, en ocho localidades.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
					1.32, 1.47
TOTAL	475	1515.3804	3.1903		
Variedades	67	297.9575	4.4471	3.58967494	**
Residual	408	1217.4229			
Ambiente (lineal)	1	614.2529			
VxA (lineal)	67	181.9555	2.7158	2.1921284	**
Desv pond	340	421.2145	1.2389		
					2.21, 3.02
V1	5	5.2829	1.0566	0.290	NS
V2	5	2.2243	0.4449	0.122	NS
V3	5	4.5121	0.9024	0.248	NS
V4	5	0.7420	0.1484	0.041	NS
V5	5	2.9196	0.5839	0.160	NS
V6	5	1.7892	0.3578	0.098	NS
V7	5	2.4280	0.4856	0.133	NS
V8	5	13.1668	2.6334	0.722	NS
V9	5	3.6999	0.7400	0.203	NS
V10	5	2.7033	0.5407	0.148	NS
V11	5	5.1510	1.0302	0.283	NS
V12	5	1.6555	0.3311	0.091	NS
V13	5	3.8754	0.7751	0.213	NS
V14	5	3.9214	0.7843	0.215	NS
V15	5	4.9970	0.9994	0.274	NS
V16	5	6.3916	1.2783	0.351	NS
V17	5	15.5323	3.1065	0.852	NS
V18	5	6.8230	1.3646	0.374	NS
V19	5	3.3021	0.6604	0.181	NS
V20	5	11.8217	2.3643	0.649	NS
V21	5	2.9245	0.5849	0.160	NS
V22	5	2.6049	0.5210	0.143	NS
V23	5	0.7634	0.1527	0.042	NS
V24	5	2.5328	0.5066	0.139	NS
V25	5	10.7619	2.1524	0.591	NS
V26	5	16.2425	3.2485	0.891	NS
V27	5	12.4884	2.4977	0.685	NS
V28	5	0.8640	0.1728	0.047	NS
V29	5	16.6864	3.3373	0.916	NS
V30	5	6.7369	1.3474	0.370	NS
V31	5	8.5061	1.7012	0.467	NS
V32	5	5.9819	1.1964	0.328	NS

V33	5	9.2878	1.8576	0.510	NS
V34	5	19.5426	3.9085	1.072	NS
V35	5	0.2638	0.0528	0.014	NS
V36	5	5.1584	1.0317	0.283	NS
V37	5	2.5330	0.5066	0.139	NS
V38	5	3.5836	0.7167	0.197	NS
V39	5	8.6571	1.7314	0.475	NS
V40	5	4.3147	0.8629	0.237	NS
V41	5	5.4209	1.0842	0.297	NS
V42	5	6.7818	1.3564	0.372	NS
V43	5	8.9480	1.7896	0.491	NS
V44	5	11.0895	2.2179	0.608	NS
V45	5	13.8232	2.7646	0.758	NS
V46	5	4.2293	0.8459	0.232	NS
V47	5	2.7460	0.5492	0.151	NS
V48	5	3.4337	0.6867	0.188	NS
V49	5	3.0850	0.6170	0.169	NS
V50	5	3.9816	0.7963	0.218	NS
V51	5	2.5546	0.5109	0.140	NS
V52	5	4.0643	0.8129	0.223	NS
V53	5	14.5949	2.9190	0.801	NS
V54	5	2.5132	0.5026	0.138	NS
V55	5	7.0085	1.4017	0.385	NS
V56	5	22.4176	4.4835	1.230	NS
V57	5	2.2279	0.4456	0.122	NS
V58	5	2.2802	0.4560	0.125	NS
V59	5	2.4566	0.4913	0.135	NS
V60	5	3.8552	0.7710	0.212	NS
V61	5	6.0593	1.2119	0.332	NS
V62	5	11.0437	2.2087	0.606	NS
V63	5	2.3164	0.4633	0.127	NS
V64	5	1.8132	0.3626	0.099	NS
V65	5	5.9977	1.1995	0.329	NS
V66	5	3.2911	0.6582	0.181	NS
V67	5	8.8044	1.7609	0.483	NS
V68	5	11.0028	2.2006	0.604	NS
Error ponderado	520	1895.39118	3.6450		

Cuadro 62 Media del carácter ASI, coeficiente de regresión b_i y desviaciones de regresión S_{di}^2 , de las cruzas en ocho localidades.

Variedad	Medias ASI	b_i		Desviaciones de regresión	
31	-0.64	0.19	NS	-1.9438	NS
5	-0.50	0.84	NS	-3.0611	NS
48	-0.33	0.77	NS	-2.9583	NS
32	-0.30	1.26	NS	-2.4486	NS
13	-0.29	0.59	NS	-2.8699	NS
47	-0.20	0.48	NS	-3.0958	NS
61	-0.19	0.07	*	-2.4331	NS
37	-0.11	0.80	NS	-3.1384	NS
50	-0.04	0.31	NS	-2.8487	NS
34	-0.03	1.29	NS	0.2635	NS
17	0.00	0.72	NS	-0.5385	NS
36	0.06	0.42	NS	-2.6133	NS
8	0.06	0.76	NS	-1.0116	NS
18	0.07	0.78	NS	-2.2804	NS
49	0.11	0.72	NS	-3.0280	NS
3	0.19	0.39	NS	-2.7426	NS
9	0.19	0.26	*	-2.9050	NS
15	0.19	0.79	NS	-2.6456	NS
62	0.20	0.54	NS	-1.4363	NS
1	0.27	0.98	NS	-2.5884	NS
54	0.30	0.57	NS	-3.1424	NS
14	0.34	0.38	NS	-2.8607	NS
35	0.39	0.61	**	-3.5922	NS
46	0.43	1.37	NS	-2.7991	NS
4	0.44	0.34	**	-3.4966	NS
6	0.49	0.96	NS	-3.2872	NS
7	0.54	0.06	**	-3.1594	NS
41	0.57	0.76	NS	-2.5608	NS
22	0.60	0.46	NS	-3.1240	NS
57	0.61	0.97	NS	-3.1994	NS
21	0.63	1.27	NS	-3.0601	NS
59	0.67	1.04	NS	-3.1537	NS
10	0.74	0.68	NS	-3.1043	NS
44	0.79	1.29	NS	-1.4271	NS
51	0.79	0.93	NS	-3.1341	NS
33	0.80	1.47	NS	-1.7874	NS
63	0.84	0.40	*	-3.1817	NS
52	0.86	1.68	NS	-2.8321	NS
20	0.87	0.53	NS	-1.2807	NS
24	0.89	1.23	NS	-3.1384	NS

19	0.90	0.70	NS	-2.9846	NS
58	0.94	0.91	NS	-3.1890	NS
60	1.06	1.48	NS	-2.8740	NS
39	1.09	0.91	NS	-1.9136	NS
2	1.19	0.33	*	-3.2001	NS
38	1.20	0.90	NS	-2.9283	NS
64	1.20	1.22	NS	-3.2824	NS
40	1.21	1.29	NS	-2.7821	NS
65	1.31	2.21	*	-2.4455	NS
68	1.33	1.51	NS	-1.4444	NS
43	1.36	1.29	NS	-1.8554	NS
53	1.37	1.07	NS	-0.7260	NS
28	1.44	0.60	*	-3.4722	NS
66	1.47	2.05	*	-2.9868	NS
16	1.49	1.60	NS	-2.3667	NS
42	1.49	1.83	NS	-2.2886	NS
27	1.57	0.76	NS	-1.1473	NS
45	1.67	0.99	NS	-0.8804	NS
67	1.70	1.25	NS	-1.8841	NS
11	1.71	0.83	NS	-2.6148	NS
23	1.76	1.34	*	-3.4923	NS
26	1.79	1.39	NS	-0.3965	NS
12	1.93	1.69	*	-3.3139	NS
56	1.93	1.59	NS	0.8385	NS
55	2.16	2.59	**	-2.2433	NS
25	2.26	2.32	*	-1.4926	NS
30	2.49	1.63	NS	-2.2976	NS
29	3.47	1.76	NS	-0.3077	NS

Cuadro 63 Análisis de varianza de parámetros de estabilidad para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft
					1.32, 1.47
TOTAL	543	22.1616			
Variedades	67	3.7694	0.0563	2.47	**
Residual	476	18.3922			
Ambiente (lineal)	1	9.0637			
VxA (lineal)	67	0.0376	0.0006	0.02	NS
Desv pond	408	9.291	0.0228		
					2.1, 2.8
V1	6	0.1833	0.0305	3.87	**
V2	6	0.1498	0.0250	3.16	**
V3	6	0.1125	0.0187	2.37	*
V4	6	0.2637	0.0440	5.56	**
V5	6	0.0818	0.0136	1.73	NS
V6	6	0.0767	0.0128	1.62	NS
V7	6	0.4260	0.0710	8.99	**
V8	6	0.0929	0.0155	1.96	NS
V9	6	0.0639	0.0107	1.35	NS
V10	6	0.2468	0.0411	5.21	**
V11	6	0.0571	0.0095	1.20	NS
V12	6	0.1202	0.0200	2.54	*
V13	6	0.0908	0.0151	1.92	NS
V14	6	0.0849	0.0142	1.79	NS
V15	6	0.0896	0.0149	1.89	NS
V16	6	0.0277	0.0046	0.58	NS
V17	6	0.3852	0.0642	8.13	**
V18	6	0.0452	0.0075	0.95	NS
V19	6	0.0672	0.0112	1.42	NS
V20	6	0.0590	0.0098	1.24	NS
V21	6	0.0500	0.0083	1.06	NS
V22	6	0.1366	0.0228	2.88	**
V23	6	0.1349	0.0225	2.85	*
V24	6	0.0997	0.0166	2.10	*
V25	6	0.1208	0.0201	2.55	*
V26	6	0.2332	0.0389	4.92	**
V27	6	0.0646	0.0108	1.36	NS
V28	6	0.0614	0.0102	1.30	NS
V29	6	0.1874	0.0312	3.95	**
V30	6	0.2121	0.0353	4.47	**
V31	6	0.1324	0.0221	2.79	*

V32	6	0.0715	0.0119	1.51	NS
V33	6	0.1059	0.0177	2.24	*
V34	6	0.2532	0.0422	5.34	**
V35	6	0.1122	0.0187	2.37	*
V36	6	0.0715	0.0119	1.51	NS
V37	6	0.0934	0.0156	1.97	NS
V38	6	0.1424	0.0237	3.01	**
V39	6	0.0955	0.0159	2.02	NS
V40	6	0.1000	0.0167	2.11	*
V41	6	0.2779	0.0463	5.86	**
V42	6	0.1262	0.0210	2.66	*
V43	6	0.0961	0.0160	2.03	NS
V44	6	0.2148	0.0358	4.53	**
V45	6	0.0871	0.0145	1.84	NS
V46	6	0.1229	0.0205	2.59	*
V47	6	0.0907	0.0151	1.91	NS
V48	6	0.0879	0.0146	1.85	NS
V49	6	0.1312	0.0219	2.77	*
V50	6	0.0862	0.0144	1.82	NS
V51	6	0.1615	0.0269	3.41	**
V52	6	0.2462	0.0410	5.19	**
V53	6	0.1450	0.0242	3.06	**
V54	6	0.1071	0.0179	2.26	*
V55	6	0.1312	0.0219	2.77	*
V56	6	0.1328	0.0221	2.80	**
V57	6	0.2121	0.0353	4.47	**
V58	6	0.1430	0.0238	3.02	**
V59	6	0.3076	0.0513	6.49	**
V60	6	0.1659	0.0277	3.50	**
V61	6	0.0576	0.0096	1.22	NS
V62	6	0.2030	0.0338	4.28	**
V63	6	0.2024	0.0337	4.27	**
V64	6	0.1136	0.0189	2.40	*
V65	6	0.0693	0.0115	1.46	NS
V66	6	0.0637	0.0106	1.34	NS
V67	6	0.2249	0.0375	4.75	**
V68	6	0.0797	0.0133	1.68	NS
ERROR POND	483	3.8321	0.0079		

Cuadro 64 Media de número de mazorcas por planta, coeficiente de regresión b_i y desviaciones de regresión S^2_{di} , de las cruzas en ocho localidades.

Entrada	Mazorcas por planta	b_i		Desviaciones De regresión	
7	1.19	0.94	NS	0.0631	**
44	1.18	0.36	NS	0.0279	**
10	1.15	1.07	NS	0.0332	**
50	1.14	0.48	NS	0.0065	NS
41	1.12	1.67	NS	0.0384	**
17	1.10	1.08	NS	0.0563	**
59	1.10	1.26	NS	0.0434	**
5	1.08	0.27	*	0.0057	NS
52	1.07	1.74	NS	0.0331	**
3	1.07	0.84	NS	0.0108	*
14	1.07	0.32	NS	0.0063	NS
4	1.06	0.21	NS	0.0361	**
67	1.06	0.65	NS	0.0296	**
8	1.06	0.35	NS	0.0076	NS
62	1.05	0.62	NS	0.0259	**
13	1.05	0.26	*	0.0072	NS
45	1.05	0.56	NS	0.0066	NS
1	1.04	0.54	NS	0.0226	**
15	1.04	0.18	*	0.0070	NS
47	1.04	0.76	NS	0.0072	NS
37	1.04	0.38	NS	0.0077	NS
31	1.04	0.75	NS	0.0142	*
9	1.03	0.37	*	0.0028	NS
34	1.03	1.80	NS	0.0343	**
32	1.02	0.64	NS	0.0040	NS
6	1.01	0.46	NS	0.0049	NS
68	1.01	0.57	NS	0.0054	NS
57	1.00	1.76	NS	0.0274	**
20	0.99	0.22	*	0.0019	NS
22	0.99	0.72	NS	0.0149	**
43	0.98	0.48	NS	0.0081	NS
39	0.98	0.82	NS	0.0080	NS
33	0.97	0.48	NS	0.0098	*
55	0.97	0.63	NS	0.0140	*
11	0.97	0.34	*	0.0016	NS
42	0.97	1.34	NS	0.0131	*
36	0.97	0.50	NS	0.0040	NS

64	0.97	0.99	NS	0.0110	*
61	0.97	0.24	*	0.0017	NS
49	0.96	0.65	NS	0.0140	*
18	0.96	0.25	*	-0.0004	NS
60	0.96	1.39	NS	0.0198	**
51	0.95	1.20	NS	0.0190	**
54	0.95	1.00	NS	0.0100	*
40	0.95	1.07	NS	0.0088	*
2	0.95	0.94	NS	0.0171	**
16	0.95	-0.10	**	-0.0033	NS
38	0.94	1.15	NS	0.0158	**
35	0.94	0.88	NS	0.0108	*
28	0.94	0.39	*	0.0023	NS
65	0.94	0.47	NS	0.0036	NS
66	0.93	0.67	NS	0.0027	NS
19	0.93	0.60	NS	0.0033	NS
21	0.92	0.40	*	0.0004	NS
63	0.92	0.78	NS	0.0258	**
23	0.91	1.13	NS	0.0146	*
48	0.91	0.60	NS	0.0067	NS
46	0.90	1.00	NS	0.0126	*
24	0.90	0.79	NS	0.0087	*
26	0.90	1.11	NS	0.0310	**
27	0.89	0.57	NS	0.0029	NS
12	0.87	1.01	NS	0.0121	*
58	0.87	1.28	NS	0.0159	**
29	0.86	1.45	NS	0.0233	**
53	0.85	1.53	NS	0.0163	**
56	0.84	0.73	NS	0.0142	**
25	0.83	1.06	NS	0.0122	*
30	0.80	0.77	NS	0.0274	**

4.3.1.4 Correlaciones entre parámetros.

Con el objeto de estimar la correlación entre las medias, coeficientes de regresión (b_i) y desviaciones de regresión (S^2_{di}) de las cruzas evaluadas en ocho localidades para tres caracteres: rendimiento de grano, sincronía floral y número de mazorcas por planta, se llevó a cabo un análisis de correlación.

En el Cuadro 65 se presentan las correlaciones dentro y entre parámetros de los tres caracteres antes mencionados. Las correlaciones altamente significativas con la media de rendimiento fueron las siguientes: con la media del carácter ASI ($r = -0.40$), con la media del número de mazorcas por planta ($r = 0.65$), y con el coeficiente de regresión de rendimiento ($r = 0.74$). Es importante resaltar que se confirma la correlación negativa del rendimiento de grano con el intervalo de floración femenina con la masculina y la correlación positiva entre el rendimiento y el número de mazorcas por planta, ambas reportadas previamente por Bolaños y Edmeades (1997).

Lo anterior indica la importancia de utilizar los caracteres ASI y número de mazorcas por planta como caracteres de selección bajo condiciones adversas, ya que se encuentran correlacionados significativamente, además de presentar mayor variación genética aditiva bajo estrés que el mismo carácter de rendimiento *per se*, tal como se observó en la sección de los resultados del dialélico (4.1.2); de tal forma que bajo condiciones de estrés, se deben seleccionar aquellos genotipos que presenten un ASI negativo (que la hembra florezca primero que el macho) y con el mayor número de mazorcas por planta.

Cuadro 65 Correlaciones fenotípicas entre medias, coeficientes de regresión y desviaciones de regresión de los caracteres rendimiento, ASI y número de mazorcas por planta.

VARIABLE	ASI	MZPP	bi RGR	bi ASI	bi MZPP	Sd ² RGR	Sd ² ASI	Sd ² MZPP
RGR	-0.40 **	0.65 **	0.74 **	-0.22	-0.03	0.01	-0.06	0.16
ASI		-0.33 **	-0.31 **	0.65 **	0.24 *	0.25 *	0.28 *	0.03
MZPP			0.47 **	-0.43 **	-0.13	-0.18	-0.11	0.38 **
bi RGR				-0.02	0.39 **	0.37 **	0.06	0.38 **
bi ASI					0.24 *	0.01	0.27 *	-0.06
bi MZPP						-0.01	0.10	0.55 **
Sd ² RGR							0.04	0.07
Sd ² ASI								0.03

Con relación a la media de ASI con otros parámetros, las correlaciones que significativas (5% o 1%) fueron: con la media de número de mazorcas por planta ($r = -0.33$), con el coeficiente de regresión de rendimiento ($r = -0.31$), con el coeficiente de regresión de ASI ($r = 0.65$), con el coeficiente de regresión de número de mazorcas por planta ($r = 0.24$), con las desviaciones de regresión para rendimiento ($r = 0.25$) y con las desviaciones de regresión para ASI ($r = 0.28$).

La correlación negativa de la media de ASI con la media de número de mazorcas por planta indica que es importante seleccionar genotipos con valores de ASI negativos bajo condiciones de estrés, lo cual permitirá incrementar el número de mazorcas por planta y el rendimiento de grano, ya que como se mencionó anteriormente son caracteres altamente correlacionados con este último. Adicionalmente, se tendrá una mayor estabilidad en el carácter número de mazorcas por planta, como lo indica la correlación positiva de la media de ASI con el coeficiente de regresión del carácter número de mazorcas por planta.

La correlación negativa de la media de ASI con el coeficiente de regresión de rendimiento, indica que a valores negativos de ASI, se tendrán valores de regresión mas altos, generando materiales con mejor respuesta a condiciones favorables pero mas consistentes, de acuerdo a la correlación positiva de la media de ASI con las desviaciones de regresión de rendimiento, por lo que se sugiere tomar en cuenta lo anterior para el desarrollo de este tipo de genotipos.

Las correlaciones positivas entre la media del ASI y el coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión para ASI, permiten la posibilidad de que al seleccionar valores negativos de ASI, se tengan genotipos mas estables y consistentes para el carácter sincronía floral.

Con relación a la media del número de mazorcas por planta con otros parámetros, las correlaciones que se detectaron como altamente significativas (1%) fueron: la media del número de mazorcas con el coeficiente de regresión de rendimiento ($r= 0.47$), con el coeficiente de regresión de ASI ($r= -0.43$) y con las desviaciones de regresión para número de mazorcas por planta ($r= 0.38$).

La correlación positiva entre la media del número de mazorcas por planta y el coeficiente de regresión de rendimiento, sugiere que al seleccionar genotipos con mayor número de mazorcas, los materiales serán menos estables en rendimiento, es decir mas adaptados a condiciones favorables y por otra parte, mas inconsistentes para el número de mazorcas por planta, como lo indica la correlación positiva de la media con las desviaciones de regresión para número de mazorcas por planta. Por otra parte, al considerar la correlación de dicha media con el coeficiente negativo de regresión para el carácter ASI, al tener mas mazorcas por planta, la estabilidad para el carácter ASI será mayor.

El coeficiente de regresión para rendimiento, presentó correlaciones positivas y altamente significativas (1%) con el coeficiente de regresión para número de mazorcas por planta ($r= 0.39$), con las desviaciones de regresión para rendimiento ($r= 0.37$) y con

el número de mazorcas por planta ($r= 0.38$), es decir, que a menor estabilidad de los genotipos para rendimiento o mas adaptados a condiciones favorables se tendrá mayor inconsistencia en el rendimiento a través de localidades, además de una menor estabilidad y consistencia para el carácter número de mazorcas por planta.

El coeficiente de regresión para el carácter ASI, se encontró correlacionado positiva y significativamente (5%) con el coeficiente de regresión del número de mazorcas por planta ($r= 0.24$) y con las desviaciones de regresión para ASI (0.27), a menor estabilidad en cuanto al ASI, mayor inconsistencia a través de localidades para ASI y menor estabilidad para el carácter número de mazorcas por planta.

Finalmente, el coeficiente de regresión para el número de mazorcas por planta, estuvo correlacionado en forma positiva y altamente significativa (1%) con las desviaciones de regresión del mismo carácter, es decir, que al aumentar la adaptación en condiciones favorables, habrá mayor inconsistencia a través de localidades para este carácter.

4.3.2 Ecovalencias de Wricke (W^2)

Con el objeto de generar un índice de estabilidad por carácter, se estimaron los valores de Ecovalencia (W^2) para los caracteres rendimiento de grano, sincronía floral y número de mazorcas por planta, los cuales se presentan a continuación.

4.3.2.1 Rendimiento de grano.

En el Cuadro 66 se presentan los valores de ecovalencia de Wricke ordenados de menor a mayor, con su correspondiente media de rendimiento. Si se toma en cuenta que los valores de (W^2) son equivalencias de la suma de cuadrados de las interacciones del genotipo con el medio ambiente (Márquez 1991), las cruzas con los menores valores de ecovalencias, fueron los que tuvieron menor interacción genotipo-

ambiente.

Considerando las cruzas seleccionadas en base a la clasificación hecha por Carballo y Márquez (1970), en la sección de parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell, dentro del grupo mejor en rendimiento de cruzas iguales estadísticamente. las cruzas que quedaron en la tercera parte superior (ecoivalencias mas pequeñas) y que coincidieron con las clasificadas en los parámetros como mejores en condiciones favorables y consistentes. fueron las cruzas: 45 (LSH17xCML247), 5 (LE21xLSH20), y 32 (LSH1xLSH20), con valores de W^2 de (3.82), (4.05), y (1.15), respectivamente.

Por otra parte, las cruzas estables y consistentes y que coincidieron con los valores de ecoivalencia mas pequeños fueron: 37 (LSH1xCML254) (LE25xLSH17), 50 (LSH20xCML254), 13 (LE25xLSH1), 15 (LE25xLSH20), 64 (LSH36xCML254), 31 (LSH1xLSH17), 18 (LE25xL56) y 42 (LSH17xL56), con valores de W^2 de (4.10), (2.92), (3.94), (1.88), (2.87), (3.93), (2.60), (4.45) y (4.17), respectivamente.

Los valores bajos de ecoivalencia. permitieron discriminar las cruzas que en el análisis de parámetros de estabilidad fueron inconsistentes, sin embargo no detectaron la estabilidad, ya que. por ejemplo la cruz 32 (LSH1xLSH20) tuvo el valor mas pequeño de todas las cruzas ($W^2= 1.15$), por lo que es la más estable desde el punto de vista de la ecoivalencia y por el contrario, esta clasificada en los parámetros de estabilidad, como de mejor respuesta a los ambientes favorables.

Cuadro 66 Valores de Ecovalencia (W^2) de las cruzas para el carácter rendimiento de grano en ocho localidades.

Cruza	W^2	Media Ton/ha	Cruza	W^2	Media Ton/ha
32	1.15	6.62	62	7.48	7.00
13	1.88	6.74	67	7.51	6.62
51	2.17	5.94	1	7.67	5.29
16	2.42	5.99	25	7.84	4.48
57	2.54	6.08	47	7.84	6.62
31	2.60	6.37	6	7.85	6.13
46	2.62	5.84	28	8.30	5.90
15	2.87	6.63	11	8.40	5.78
39	2.89	5.09	59	8.42	7.02
14	2.92	6.92	60	8.59	7.08
29	3.50	5.46	7	8.60	6.94
26	3.75	5.94	36	8.84	6.42
45	3.82	6.78	17	9.04	6.57
65	3.84	6.09	23	9.13	5.95
64	3.92	6.44	66	9.35	5.63
50	3.94	6.90	3	9.43	6.37
5	4.05	6.67	38	9.60	7.09
37	4.10	6.98	58	9.63	6.01
42	4.17	6.23	68	10.20	6.87
53	4.17	5.94	19	10.86	5.98
61	4.25	6.15	27	11.28	5.58
35	4.37	5.87	12	11.94	4.66
18	4.45	6.32	8	12.69	5.86
43	4.49	6.50	63	13.14	5.52
33	4.64	6.17	9	13.22	5.86
10	4.66	5.78	44	14.19	6.88
48	4.81	5.95	20	14.55	5.94
21	4.90	5.86	41	14.56	6.76
49	5.02	6.40	52	15.83	7.33
24	5.71	5.70	54	20.48	6.34
40	6.23	5.13	30	22.36	4.10
4	6.28	6.04	55	23.15	6.49
34	7.03	6.59	56	23.19	5.28
22	7.38	6.36	2	40.94	4.52

4.3.2.2 Sincronía floral o ASI.

En el Cuadro 67 se presentan los valores de ecovalencia de Wricke para el carácter ASI ordenados de menor a mayor, con su media correspondiente. Dentro del grupo de cruzas clasificadas por los parámetros de estabilidad en cuanto al ASI como estables y consistentes, solo tres de ellas coincidieron con las de menor valor de ecovalencia dentro del primer tercio superior, estas fueron: la 37 (LSH1xCML254) con $W^2= 2.81$. la 5 (LE21xLSH20) con $W^2= 3.23$ y la 48 (LSH20XI56) con $W^2= 3.94$.

4.3.2.3 Número de mazorcas por planta.

En el Cuadro 68 se presentan los valores de ecovalencia de Wricke para el carácter número de mazorcas por planta ordenados de menor a mayor, con su correspondiente media. Las cruzas con valores mas pequeños de ecovalencia dentro del primer tercio superior y que coincidieron con las de media alta estables y consistentes clasificadas por los parámetros de estabilidad fueron: 3 (LE21XILSH1), 45 (LSH17XCML247) y 50 (LSH20xCML254), con valores de W^2 de (0.03), (0.04) y (0.04), respectivamente. Nuevamente, se observa que la ecovalencia fue medianamente eficiente para detectar las cruzas consistentes, ya que solo la cruza 3 mostró ser inconsistente en los análisis de parámetros.

Cuadro 67 Valores de Ecovalencia (W^2) de las cruzas para el carácter sincronía floral en siete localidades.

Cruza	W^2	Media ASI	Cruza	W^2	Media ASI
35	1.67	0.39	14	7.35	0.34
6	1.77	0.49	18	7.40	0.07
23	1.84	1.76	3	7.87	0.19
57	2.20	0.61	36	8.28	0.06
64	2.33	1.20	50	8.32	-0.04
28	2.39	1.44	52	8.38	0.86
59	2.42	0.67	9	8.61	0.19
58	2.47	0.94	39	8.79	1.09
51	2.63	0.79	67	9.29	1.70
37	2.81	-0.11	16	9.51	1.49
24	3.17	0.89	43	9.76	1.36
5	3.23	-0.50	30	10.13	2.49
21	3.63	0.63	7	10.37	0.54
10	3.67	0.74	33	11.13	0.80
38	3.79	1.20	44	11.75	0.79
49	3.80	0.11	62	12.87	0.20
48	3.94	-0.33	27	13.16	1.57
54	4.27	0.30	42	13.21	1.49
19	4.31	0.90	68	13.29	1.33
4	4.71	0.44	66	13.30	1.47
40	5.02	1.21	45	13.52	1.67
1	5.12	0.27	20	13.62	0.87
47	5.21	-0.20	8	13.88	0.06
46	5.29	0.43	61	13.88	-0.19
11	5.34	1.71	31	14.46	-0.64
22	5.35	0.60	53	14.48	1.37
15	5.47	0.19	17	16.07	0.00
13	5.52	-0.29	26	17.77	1.79
63	5.61	0.84	65	19.14	1.31
12	5.87	1.93	34	20.48	-0.03
41	5.98	0.57	29	21.96	3.47
60	6.02	1.06	56	25.33	1.93
2	6.21	1.19	25	26.24	2.26
32	6.77	-0.30	55	29.92	2.16

Cuadro 68 Valores de Ecovalencia (W^2) de las cruzas para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.

Cruza	W^2	Media Mazorcas por planta	Cruza	W^2	Media Mazorcas por planta
32	0.01	1.02	49	0.07	0.96
66	0.01	0.93	55	0.07	0.97
19	0.02	0.92	2	0.08	0.95
27	0.02	0.89	8	0.08	1.06
39	0.02	0.98	14	0.08	1.07
40	0.02	0.95	20	0.08	0.99
47	0.02	1.04	37	0.08	1.04
3	0.03	1.07	56	0.08	0.94
24	0.03	0.90	58	0.08	0.87
54	0.03	0.95	61	0.08	0.97
68	0.03	1.00	5	0.09	1.08
21	0.04	0.92	51	0.09	0.95
35	0.04	0.94	13	0.10	1.05
36	0.04	0.97	15	0.12	1.04
45	0.04	1.05	53	0.12	0.85
48	0.04	0.91	60	0.12	0.96
50	0.04	1.14	1	0.14	1.04
64	0.04	0.97	62	0.14	1.05
65	0.04	0.93	63	0.14	0.92
6	0.05	1.01	29	0.15	0.86
9	0.05	1.02	10	0.16	1.15
11	0.05	0.97	16	0.16	0.95
12	0.05	0.87	26	0.16	0.90
28	0.05	0.94	30	0.16	0.80
46	0.05	0.90	67	0.16	1.06
23	0.06	0.91	44	0.19	1.18
25	0.06	0.83	57	0.23	1.00
31	0.06	1.04	59	0.24	1.09
43	0.06	0.98	52	0.25	1.07
18	0.07	0.96	41	0.27	1.12
22	0.07	0.99	34	0.28	1.03
33	0.07	0.97	4	0.29	1.06
38	0.07	0.94	17	0.30	1.10
42	0.07	0.97	7	0.33	1.19

Por lo anterior se confirma que por si sola la ecovalencia de Wricke no es eficiente para determinar la estabilidad de los materiales, pero si discrimina las cruzas consistentes de las no consistentes de acuerdo a las desviaciones de regresión de los parámetros propuestos por Eberhart y Russell (1966) y la clasificación propuesta por Carballo y Márquez (1970).

4.3.3 Estadístico no paramétrico de Huhn (S^3).

El estadístico no paramétrico de Huhn (S^3), combina la media del carácter y los rangos de cada genotipo en las diferentes localidades. por lo que da una medida de estabilidad, de tal forma que las cruzas con los valores más pequeños del estadístico son las de mayor estabilidad.

4.3.3.1 Rendimiento de grano.

En el Cuadro 69 se presentan los valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter rendimiento de grano ordenado de menor a mayor con su correspondiente media.

Las cruzas que coinciden con la clasificación de estables y consistentes que se hizo en la sección de parámetros de estabilidad para rendimiento fueron: 13 (LE25xLSH1) y 15 (LE25xLSH20), por otra parte, las cruzas que coincidieron con las de mejor respuesta a condiciones favorables y consistentes, fueron: 32 (LSH1xLSH20) y 18 (LE25xL56), de tal forma que, el estadístico no paramétrico S^3 de Huhn por si solo no es eficiente en la discriminación de los genotipos estables y no estables, según la clasificación de Carballo y Márquez (1970).

Cuadro 69 Valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) y media. de las cruza, para el carácter rendimiento de grano en ocho localidades.

Cruza	S^3	Media Ton/ha	Cruza	S^3	Media Ton/ha
25	10	4.48	28	63	5.90
30	17	4.10	66	65	5.63
12	19	4.66	11	66	5.78
32	23	6.62	58	66	6.01
39	24	5.09	63	70	5.52
40	26	5.13	23	74	5.95
51	26	5.94	49	75	6.40
16	27	5.99	64	76	6.44
46	29	5.84	20	77	5.94
10	29	5.78	4	78	6.04
29	29	5.46	47	81	6.62
45	32	6.78	43	86	6.50
57	34	6.08	67	90	6.62
53	37	5.94	60	92	7.08
35	39	5.87	5	93	6.67
13	40	6.74	22	93	6.36
31	41	6.37	36	95	6.42
61	41	6.15	50	95	6.90
42	42	6.23	8	100	5.86
15	43	6.63	2	100	4.52
18	44	6.32	56	105	5.28
26	47	5.94	6	106	6.13
65	50	6.09	34	112	6.59
27	52	5.58	41	115	6.76
1	52	5.29	17	116	6.57
21	53	5.86	62	120	7.00
19	54	5.98	9	121	5.86
24	54	5.70	3	132	6.37
48	56	5.95	68	134	6.87
7	57	6.94	38	142	7.09
14	59	6.92	54	153	6.34
59	61	7.02	52	157	7.33
37	62	6.98	55	160	6.49
33	63	6.17	44	165	6.88

4.3.3.2 Sincronía floral (ASI).

En el Cuadro 70 se presentan los valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter ASI ordenado de menor a mayor con su correspondiente media.

Las cruzas clasificadas en el primer tercio de los valores de Huhn mas pequeños que coincidieron con las estables y consistentes de los parámetros de estabilidad fueron: 31 (LSH1xLSH17), 54 (LSH44xLSH36) y 37 (LSH1xCML254), nuevamente, que por si solo, este estadístico arroja poca información sobre la estabilidad y consistencia de los materiales evaluados.

4.3.3.3 Número de mazorcas por planta.

En el Cuadro 71 se presentan los valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter número de mazorcas por planta, ordenado de menor a mayor con su correspondiente media.

Las cruzas clasificadas en el primer tercio de los valores de Huhn mas pequeños que coinciden con las estables y consistentes de los parámetros de estabilidad fueron: 50 (LSH20xCML254), 68 y 32 (LSH1xLSH20), de nuevo, por si sólo este estadístico arroja poca información sobre la estabilidad y consistencia de los materiales evaluados, ya que deja fuera de la selección a las cruzas 14 (LE25xLSH17), 8 (LE21xL56), 45 (LSH17xCML247), 47 (LSH20xLSH297), 37 (LSH1xCML254) y 6 (LE21xLSH44).

Cuadro 70 Valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) y media de las cruza, para el carácter ASI en siete localidades.

Cruza	S^3	Media ASI	Cruza	S^3	Media ASI
29	2.69	3.47	20	50.67	0.87
23	6.72	1.76	3	51.16	0.19
64	10.01	1.2	47	51.20	-0.2
30	10.67	2.49	19	53.38	0.9
28	13.96	1.44	44	55.55	0.79
60	20.39	1.06	14	55.58	0.34
38	20.97	1.2	52	55.76	0.86
57	24.14	0.61	7	59.89	0.54
11	24.33	1.71	65	59.99	1.31
59	24.44	0.67	5	60.21	-0.5
35	25.53	0.39	39	62.86	1.09
67	25.92	1.7	13	63.33	-0.29
24	31.83	0.89	21	68.68	0.63
12	33.16	1.93	53	69.08	1.37
43	33.56	1.36	42	69.89	1.49
58	36.53	0.94	15	69.95	0.19
40	38.22	1.21	41	70.73	0.57
51	39.44	0.79	68	73.34	1.33
16	40.01	1.49	22	74.79	0.6
56	41.45	1.93	26	75.35	1.79
31	42.86	-0.64	9	78.84	0.19
54	44.40	0.3	62	81.77	0.2
37	44.56	-0.11	25	82.54	2.26
49	47.03	0.11	50	88.80	-0.04
4	47.12	0.44	61	95.13	-0.19
2	47.90	1.19	33	96.38	0.8
27	47.98	1.57	18	98.45	0.07
66	48.10	1.47	36	102.85	0.06
10	48.35	0.74	32	105.80	-0.3
45	49.27	1.67	46	107.13	0.43
48	49.57	-0.33	1	119.73	0.27
55	49.58	2.16	8	122.83	0.06
6	49.68	0.49	34	148.95	-0.03
63	49.74	0.84	17	184.60	0

Cuadro 71 Valores del estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) y media, de las cruza, para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.

Cruza	S^3	Media Número Mazorcas por planta	Cruza	S^3	Media número Mazorcas por planta
30	7.05	0.80	14	53.76	1.07
66	8.08	0.93	51	57.02	0.95
25	12.19	0.83	6	58.42	1.01
56	13.98	0.84	31	59.37	1.04
27	15.50	0.89	61	59.81	0.97
53	20.57	0.85	38	60.63	0.94
21	21.38	0.92	7	65.38	1.19
19	23.33	0.92	67	66.45	1.06
50	23.67	1.14	63	67.75	0.92
48	25.80	0.91	33	67.80	0.97
9	26.84	1.02	13	67.82	1.05
39	28.98	0.98	17	71.82	1.10
36	29.64	0.97	49	72.76	0.96
46	29.89	0.90	2	73.63	0.95
12	30.02	0.87	60	74.55	0.96
68	30.10	1.00	8	75.38	1.06
29	31.60	0.86	55	76.42	0.97
58	31.74	0.87	3	78.16	1.07
54	36.44	0.95	5	79.35	1.08
32	39.83	1.02	16	82.35	0.95
65	41.46	0.93	26	83.11	0.90
64	42.69	0.97	59	85.23	1.09
11	42.84	0.97	20	86.75	0.99
18	43.06	0.96	62	88.66	1.05
42	43.62	0.97	22	94.24	0.99
28	45.01	0.94	4	102.07	1.06
47	47.12	1.04	44	104.46	1.18
40	47.49	0.95	37	105.03	1.04
23	48.00	0.91	52	116.14	1.07
35	48.76	0.94	15	129.85	1.04
45	49.48	1.05	34	140.97	1.03
24	49.69	0.90	57	150.21	1.00
10	51.21	1.15	1	156.02	1.04
43	53.43	0.98	41	157.94	1.12

4.3.4 Índice de estabilidad.

En las secciones anteriores, la ecovalencia de Wricke (W^2) y el estadístico paramétrico de Huhn (S^3), por si solos no permiten discriminar eficientemente la estabilidad y la consistencia de los materiales en estudio, de acuerdo a la clasificación de Carballo y Márquez (1970), por lo que se utilizó un índice de estabilidad que incluye la media del carácter, el coeficiente de regresión, las desviaciones de regresión, el valor de la ecovalencia y el valor no paramétrico de Huhn, propuesto por Diallo *et al.*, 1997.

4.3.4.1 Rendimiento de grano.

En el Cuadro 72 se presenta el índice de estabilidad y la media de rendimiento para las cruzas evaluadas: del primer tercio superior de materiales con los valores del índice mas alto, sólo cuatro cruzas coinciden con los nueve materiales seleccionados mediante parámetros de estabilidad como estables y consistentes, estas fueron: 15 (LE25xLSH20), 18 (LE25xL56), 37 (LSH1xCML254) y la 50 (LSH20xCML254) sin ser éstas las de mayor valor del índice (13). Del resto de las cruzas seleccionadas por el índice dentro de este grupo, la mayoría se encuentran clasificadas como estables, pero inconstantes en la sección de parámetros de estabilidad, y tres de ellas, 52 (LSH44xLSH297), 41 (LSH17xLSH297) y 22 (LSH1xLSH20) con valores del índice altos (13, 12 y 11, respectivamente), tuvieron un valor de coeficiente de regresión mayor de uno y las desviaciones de regresión mayores de cero.

De acuerdo con esto, se puede afirmar que el índice de estabilidad (Diallo *et al.*, 1997) permite clasificar los mejores materiales en cuanto a la media de rendimiento y la estabilidad de una forma medianamente eficiente con coeficientes de regresión iguales o menores de uno; sin embargo, no toma en cuenta la consistencia de los materiales cuando son mayores de cero, por lo que, se sugiere desarrollar otros índices que discriminen también a los materiales inconsistentes.

Cuadro 72 Valores del Índice de estabilidad que incluye media, coeficiente de regresión (b_i), desviaciones de regresión (S^2_{di}), Ecovalencia de Wricke (W^2) y estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter rendimiento de grano en ocho localidades.

Cruza	Media Ton/ha	Índice estab.	Cruza	Media Ton/ha	Índice estab.
54	6.34	13	13	6.74	9
67	6.62	13	14	6.92	9
6	6.13	12	29	5.46	9
41	6.76	12	31	6.37	9
49	6.40	12	32	6.62	9
52	7.33	12	33	6.17	9
60	7.08	12	45	6.78	9
68	6.87	12	46	5.84	9
8	5.86	11	48	5.95	9
15	6.63	11	51	5.94	9
17	6.57	11	56	5.28	9
18	6.32	11	1	5.29	8
22	6.36	11	12	4.66	8
34	6.59	11	16	5.99	8
36	6.42	11	19	5.98	8
37	6.98	11	20	5.94	8
38	7.09	11	23	5.95	8
43	6.50	11	25	4.48	8
44	6.88	11	26	5.94	8
47	6.62	11	28	5.90	8
50	6.90	11	57	6.08	8
55	6.49	11	58	6.01	8
62	7.00	11	61	6.15	8
3	6.37	10	63	5.52	8
4	6.04	10	65	6.09	8
9	5.86	10	66	5.63	8
42	6.23	10	21	5.86	7
59	7.02	10	27	5.58	7
64	6.44	10	30	4.10	7
2	4.52	9	35	5.87	7
5	6.67	9	39	5.09	7
7	6.94	9	53	5.94	7
10	5.78	9	24	5.70	6
11	5.78	9	40	5.13	6

Un análisis de las correlaciones entre los parámetros que conforman el índice de estabilidad, arroja información con respecto al comportamiento de dicho índice al utilizarlo en las selección de materiales.

En el Cuadro 73 se presentan las correlaciones entre la media de rendimiento, el coeficiente de regresión, las desviaciones de regresión (b_1), el valor W^2 de las ecovalencias de Wricke, el valor S^3 de Huhun y el índice de estabilidad para rendimiento.

Los valores altos de correlaciones del índice con la media de rendimiento ($r=0.64$) y con el valor no paramétrico de Huhn ($r=0.69$) explican el por que dicho índice selecciona los materiales con media alta y estables, ya que la correlación con ambos parámetros es positiva. Por otra parte, el valor de la correlación del índice con el coeficiente de regresión aún cuando no es tan alto como con los otros dos parámetros anteriores ($r= 0.42$) permite seleccionar materiales estables aún cuando deja pasar algunos materiales con coeficiente mayor de la unidad. Las correlaciones entre el índice y las desviaciones de regresión y los valores de ecovalencias (W^2) no fueron significativas, lo que explica en parte, porqué el índice no discriminó entre materiales consistentes y no consistentes.

La correlación alta entre las desviaciones de regresión y los valores de ecovalencia W^2 ($r= 0.94$), sugieren que se debe utilizar solo uno de estos parámetros para la elaboración del índice.

Cuadro 73 Correlaciones entre la media, coeficiente de regresión (b_i), desviaciones de regresión (S^2_{di}), ecovalencia de Wricke (W^2), S^3 de Huhun y el índice de estabilidad para el carácter rendimiento de grano.

PARAMETRO	b_i	S^2_{di}	W^2	S^3	Índice de estabilidad
Media rendimiento.	0.75 **	-0.30 **	-0.32 **	0.48 **	0.64 **
b_i		-0.37 **	-0.33 **	0.27 *	0.42 **
S^2_{di}			0.94 **	0.47 **	0.12
W^2				0.50 **	0.14
S^3					0.69 **

4.3.4.2 Sincronía floral o ASI.

En el Cuadro 74 se presenta el índice de estabilidad, la media de rendimiento de grano y la media del carácter ASI para las cruzas evaluadas.

Dentro del primer tercio superior de los materiales con mayor valor de índice, se detectaron 6 cruzas clasificadas como estables y consistentes en la sección de parámetros de estabilidad con media de ASI negativa o igual a cero. dichas cruzas fueron: 37 (LSH1xCML254), 47 (LSH20xLSH297), 49 (LSH20xLSH36), 48 (LSH20xL56), 13 (LE25xLSH1) y 5 (LE21xLSH20).

En el Cuadro 75 se presentan los valores de correlación entre el índice de estabilidad, el coeficiente de regresión, las desviaciones de regresión, los valores de ecovalencia y los valores de Huhn para el carácter ASI. El índice de estabilidad mostró correlaciones altamente significativas y negativas con todos los parámetros antes mencionados, sobresaliendo por los valores altos las correlaciones del índice con las desviaciones de regresión y con las ecovalencias de Wricke ($r = -0.78$ y $r = -0.81$, respectivamente). Lo anterior indica que para el carácter ASI, a diferencia que en el rendimiento de grano, el índice de estabilidad permite seleccionar aquellos materiales consistentes y estables, debido a la correlación intermedia con el coeficiente de regresión ($r = -0.40$).

Cuadro 74 Valores del Índice de estabilidad que incluye media, coeficiente de regresión (b_i), desviaciones de regresión (S^2_{di}), Ecovalencia de Wricke (W^2) y estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter ASI en ocho localidades.

Cruza	Rendimien to	ASI	Índice estab.	Cruza	Rendimien to	ASI	Índice estab.
6	6.13	0.49	15	50	6.90	-0.04	10
57	6.08	0.61	15	41	6.76	0.57	10
59	7.02	0.67	14	15	6.63	0.19	10
58	6.01	0.94	14	32	6.62	-0.30	10
51	5.94	0.79	14	9	5.86	0.19	10
38	7.09	1.20	13	21	5.86	0.63	10
37	6.98	-0.11	13	45	6.78	1.67	9
47	6.62	-0.20	13	36	6.42	0.06	9
49	6.40	0.11	13	31	6.37	-0.64	9
54	6.34	0.30	13	18	6.32	0.07	9
4	6.04	0.44	13	16	5.99	1.49	9
48	5.95	-0.33	13	66	5.63	1.47	9
35	5.87	0.39	13	39	5.09	1.09	9
14	6.92	0.34	12	30	4.10	2.49	9
13	6.74	-0.29	12	67	6.62	1.70	8
5	6.67	-0.50	12	43	6.50	1.36	8
10	5.78	0.74	12	55	6.49	2.16	8
24	5.70	0.89	12	61	6.15	-0.19	8
63	5.52	0.84	12	62	7.00	0.20	7
1	5.29	0.27	12	44	6.88	0.79	7
60	7.08	1.06	11	34	6.59	-0.03	7
7	6.94	0.54	11	17	6.57	0.00	7
64	6.44	1.20	11	65	6.09	1.31	7
3	6.37	0.19	11	20	5.94	0.87	7
22	6.36	0.60	11	53	5.94	1.37	7
19	5.98	0.90	11	8	5.86	0.06	7
23	5.95	1.76	11	27	5.58	1.57	7
28	5.90	1.44	11	29	5.46	3.47	7
46	5.84	0.43	11	56	5.28	1.93	7
11	5.78	1.71	11	42	6.23	1.49	6
40	5.13	1.21	11	33	6.17	0.80	6
12	4.66	1.93	11	68	6.87	1.33	5
2	4.52	1.19	11	26	5.94	1.79	5
52	7.33	0.86	10	25	4.48	2.26	5

Cuadro 75 Correlaciones entre la media, coeficiente de regresión (b_i) desviaciones de regresión S^2_{di} , ecovalencia de Wricke (W^2), S^3 de Huhun y el índice de estabilidad para el carácter ASI.

PARAMETRO	b_i	S^2_{di}	W^2	S^3	Índice de estabilidad
Media ASI.	0.65 **	0.28 *	0.40 **	-0.49 **	-0.36 **
b_i		0.27 *	0.48 **	-0.12	-0.40 **
S^2_{di}			0.79 **	0.38 **	-0.78 **
W^2				0.30 *	-0.81 **
S^3					-0.38 **

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

4.3.4.3 Número de mazorcas por planta.

En el Cuadro 76 se presentan los valores del índice de estabilidad, media rendimiento de grano y media del número de mazorcas por planta de las cruzas evaluadas en ocho localidades.

Dentro del primer tercio superior de los materiales con mayor índice, se detectaron 8 cruzas clasificadas como estables y consistentes en la sección de parámetros de estabilidad, con media del número de mazorcas por planta mayor a uno, dichas cruzas fueron: 32 (LSH1xLSH20), 47 (LSH20xLSH297), 9 (LE21xLSH36), 31 (LSH1xLSH17), 3 (LE21xLSH1), 45 (LSH17xCML247), 50 (LSH20xCML254) y la 6 (LE21xLSH44).

En el Cuadro 77 se presentan los valores de correlación entre el índice de estabilidad, el coeficiente de regresión, las desviaciones de regresión, los valores de ecovalencia y los valores de Huhn para el número de mazorcas por planta. El índice de estabilidad mostró correlaciones altamente significativas y negativas con todos los parámetros antes mencionados, a excepción de la media de número de mazorcas por planta. Sobresalen los valores altos de las correlaciones del índice con las desviaciones de regresión y con las ecovalencias de Wricke ($r = -0.65$ y $r = -0.77$, respectivamente), al igual que como se encontró con el índice de estabilidad para ASI. Otro valor alto de correlación fue entre el índice y el valor S^3 de Huhn ($r = -0.61$).

Lo anterior indica que para número de mazorcas por planta, a diferencia que con el rendimiento, el índice de estabilidad permite seleccionar aquellos materiales consistentes y estables, debido a la correlación intermedia con el coeficiente de regresión ($r = -0.34$).

Cuadro 76 Valores del Índice de estabilidad que incluye media, coeficiente de regresión (b_i), desviaciones de regresión (S^2_{di}), Ecovalencia de Wricke (W^2) y estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) para el carácter número de mazorcas por planta en ocho localidades.

Cruza	Rendimien to	Media número Maz/pl	Índice Estab.	Cruza	Rendimien to	Media número Maz/pl	Índice Estab.
32	6.62	1.02	14	48	5.95	0.91	10
47	6.62	1.04	14	54	6.34	0.95	10
9	5.86	1.02	13	61	6.15	0.97	10
31	6.37	1.04	13	5	6.67	1.08	9
39	5.09	0.98	13	8	5.86	1.06	9
66	5.63	0.93	13	10	5.78	1.15	9
3	6.37	1.07	12	15	6.63	1.04	9
11	5.78	0.97	12	20	5.94	0.99	9
24	5.70	0.90	12	30	4.10	0.80	9
36	6.42	0.97	12	37	6.98	1.04	9
45	6.78	1.05	12	38	7.09	0.94	9
50	6.90	1.14	12	49	6.40	0.96	9
64	6.44	0.97	12	53	5.94	0.85	9
6	6.13	1.01	11	55	6.49	0.97	9
18	6.32	0.96	11	58	6.01	0.87	9
19	5.98	0.92	11	67	6.62	1.06	9
21	5.86	0.92	11	1	5.29	1.04	8
22	6.36	0.99	11	7	6.94	1.19	8
27	5.58	0.89	11	29	5.46	0.86	8
28	5.90	0.94	11	51	5.94	0.95	8
35	5.87	0.94	11	63	5.52	0.92	8
42	6.23	0.97	11	2	4.52	0.95	7
56	5.28	0.84	11	4	6.04	1.06	7
65	6.09	0.93	11	16	5.99	0.95	7
68	6.87	1.00	11	17	6.57	1.10	7
12	4.66	0.87	10	34	6.59	1.03	7
13	6.74	1.05	10	41	6.76	1.12	7
14	6.92	1.07	10	44	6.88	1.18	7
23	5.95	0.91	10	52	7.33	1.07	7
25	4.48	0.83	10	59	7.02	1.09	7
33	6.17	0.97	10	60	7.08	0.96	7
40	5.13	0.95	10	62	7.00	1.05	7
43	6.50	0.98	10	57	6.08	1.00	6
46	5.84	0.90	10	26	5.94	0.90	5

Cuadro 77 Correlaciones entre la media, coeficiente de regresión (b_i), desviaciones de regresión (S^2_{di}), ecovalencia de Wricke (W^2), S^3 de Huhun y el índice de estabilidad para el carácter número de mazorcas por planta.

PARAMETRO	b_i	S^2_{di}	W^2	S^3	Índice de estabilidad
Media MZPP	-0.13	0.38 **	0.44 **	0.54 **	-0.14
b_i		0.55 **	0.37 **	0.15	-0.34 **
S^2_{di}			0.87 **	0.43 **	-0.65 **
W^2				0.62 **	-0.77 **
S^3					-0.61 **

4.4 Modelos de regresión.

A continuación se presentan los resultados del desarrollo de los modelos de regresión para condiciones adversas en tres localidades y para localidades con estrés y sin estrés en siete localidades.

4.4.1 Modelo de regresión bajo condiciones de estrés.

En el Cuadro 78 se pueden observar los resultados del análisis de regresión para condiciones adversas, en donde se detectó que la varianza de la regresión fue altamente significativa para el modelo (1%) que incluyó a las variables: número de mazorcas por planta, pudrición de mazorca, días a flor masculina y altura de mazorca.

La prueba de hipótesis para el coeficiente b_0 (intersección) y las variables antes mencionadas se presenta en el Cuadro 79, en donde se puede ver que todas ellas fueron altamente significativas (1%).

El mejor modelo que explica y predice el rendimiento de grano bajo condiciones adversas con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.78$, quedó como sigue:

$$\text{Rendimiento} = 1.662 + 1.637(\text{MZPP})^2 - 0.020(\text{PUDMZ}) + 0.021(\text{DFM}) - 0.290(\text{AMAZ})$$

Es decir, que las variables que estuvieron más correlacionadas y que explican el rendimiento de grano bajo condiciones de estrés en un 78% fueron: el cuadrado del número de mazorcas por planta, el porcentaje de pudrición de mazorca, los días a floración masculina y la altura de mazorca.

Cuadro 78 Análisis de regresión mediante el procedimiento de Stepwise para el desarrollo de modelo de predicción bajo condiciones de estrés, tres localidades.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Prob>F
Regresión	4	359.82	89.95 **	173.83	0.0001
Error	199	102.98	0.52		
Total	203	462.81			

Cuadro 79 Prueba de hipótesis para intersección y variables seleccionadas en el modelo bajo condiciones adversas.

Variable	Estimación del parámetro	Error estándar	Suma de cuadrados	F calculada	Prob>F
Intersección	1.662	0.4557	6.884 **	13.30	0.0003
(MZPP) ²	1.637	0.1950	36.486 **	70.50	0.0001
PUDMZ	-0.020	0.0031	21.977 **	42.47	0.0001
DFM	0.021	0.0025	38.077 **	73.58	0.0001
AMAZ	-0.290	0.0929	5.049 **	9.76	0.0021

4.4.2 Modelo de regresión bajo condiciones de no estrés.

En el Cuadro 80 se pueden observar los resultados del análisis de regresión para condiciones de estrés y no estrés, en donde se detectó que la varianza de regresión fue altamente significativa (1%) para el modelo que incluyó a las variables: número de mazorcas por planta, altura de planta, porcentaje de acame, aspecto de mazorca y porcentaje de humedad.

La prueba de hipótesis para el coeficiente b_0 (intersección) y las variables antes mencionadas se presenta en el Cuadro 81, en donde se puede ver que todas ellas fueron altamente significativas (1%).

El mejor modelo que explica y predice el rendimiento de grano con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.82$, bajo condiciones de no estrés quedó como sigue:

$$\text{Rendimiento} = -4.291 + 5.056(\text{MZPP}) + 0.027(\text{APL}) - 0.020(\text{ACA}) - 0.949(\text{ASPMZ}) + 0.122(\text{HUM})$$

Las variables más correlacionadas y que explican el rendimiento de grano bajo condiciones de no estrés en un 82 %, fueron: el número de mazorcas por planta, la altura de planta, el porcentaje de acame total, el aspecto de mazorca y el porcentaje de humedad del grano a la cosecha.

Es importante resaltar que en ninguno de los dos modelos apareció la variable ASI explicando el rendimiento, tal como se ha reportado en otros estudios (Bolaños y Edmeades 1997), no así el número de mazorcas por planta, que se encontró en ambos modelos lo que sugiere que esta última variable es más importante que el ASI en el presente estudio para explicar el rendimiento.

Cuadro 80 Análisis de regresión mediante el procedimiento de Stepwise para el desarrollo de modelo de predicción bajo condiciones sin estrés, siete localidades.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Prob>F
Regresión	5	3173.81	634.76 **	414.04	0.0001
Error	470	720.55	1.53		
Total	475	3894.36			

Cuadro 81 Prueba de hipótesis para intersección y variables seleccionadas en el modelo bajo condiciones sin estrés, siete localidades.

Variable	Estimación del parámetro	Error estándar	Suma de cuadrados	F calculada	Prob>F
Intersección	-4.291	0.7649	48.231 **	31.46	0.0001
MZPP	5.056	0.3575	306.643 **	200.02	0.0001
APL	0.027	0.0021	262.510 **	171.23	0.0001
ACAM	-0.020	0.0027	91.747 **	59.28	0.0001
ASPMZ	-0.949	0.1030	130.178 **	84.91	0.0001
HUM	0.122	0.0123	151.999 **	99.15	0.0001

5. CONCLUSIONES

La diferencia entre cruzas fue altamente significativa para el carácter rendimiento, número de mazorcas y los diez caracteres estudiados en los tres grupos de ambientes. lo que indica que hay una diferencia genotípica importante entre los materiales evaluados.

Las localidades de evaluación fueron contrastantes en cuanto a condiciones ambientales y de manejo, ya que la gran mayoría de los caracteres estudiados presentaron diferencias altamente significativas.

Los efectos de la acción génica aditiva reflejados en la varianza de la aptitud combinatoria general fueron mas importantes que los efectos de la acción génica no aditiva, por lo que se sugiere utilizar los métodos de mejoramiento que aprovechen eficientemente dichos efectos, como puede ser el método de selección recíproca recurrente, cuando se trate de obtener híbridos. Por otra parte, debido a los efectos de aditividad para el carácter rendimiento de grano, para el desarrollo de los híbridos se deberá buscar que estos sean formados con líneas resistentes a la sequía tanto en la hembra como en el macho.

El valor de la varianza de la aptitud combinatoria general para rendimiento, se redujo drásticamente al estimarla en condiciones de no estrés comparada con la obtenida bajo condiciones de estrés, lo que confirma que el carácter rendimiento de grano no es el mejor para seleccionar en condiciones de estrés, ya que es un carácter muy influenciado por el medio ambiente, de tal forma que la varianza fenotípica aumenta y cuando se reduce la varianza de la ACG. en cierto grado tiende a reducirse la heredabilidad de este carácter. Por otra parte, la varianza para la aptitud combinatoria específica se redujo en menor proporción. Lo anterior permite rechazar la hipótesis relacionada al no cambio de los valores de la aptitud combinatoria cuando se estima en condiciones de no estrés a cuando se obtiene en ambientes con estrés.

Es importante señalar que hubo una interacción de aptitud combinatoria general por localidades altamente significativa para rendimiento, número de mazorcas por planta y la mayoría de los caracteres evaluados, de tal forma que la heredabilidad para estos caracteres puede cambiar con el ambiente, lo que dificultará el avance de la ganancia de selección en los programas de mejoramiento. Un comportamiento similar se observó en relación a la interacción de la aptitud combinatoria específica y los ambientes.

Las líneas LSH297, LSH1 y LE21, fueron la que mostraron los efectos de aptitud combinatoria general (gi) positivos mas altos para rendimiento de grano en las localidades de no estrés, además de que la línea LSH297 también los mostró en las ocho localidades, por lo que se sugiere utilizarlas en los programas de mejoramiento para selección recíproca recurrente, o en la formación de híbridos tolerantes a la sequía. Adicionalmente, las líneas LSH1 y LE21, presentaron efectos (gi) negativos para el carácter días a flor masculina días a flor femenina y sincronía floral o ASI, lo que hace que estas aporten precocidad a las cruces, floreciendo primero la hembra antes que el macho carácter favorable para rendimiento en condiciones de estrés. Con relación al número de mazorcas por planta, solo la línea LE21 presentó valores positivos significativos en todos los ambientes estudiados, lo cual apoya la sugerencia de utilizarla en la obtención de materiales resistentes a la sequía.

La línea LE22 presentó valores de efectos de aptitud combinatoria general negativos para rendimiento de grano y número de mazorcas por planta, además de presentar efectos positivos en el carácter sincronía floral o ASI, lo que la hace ser un material no deseable en los programas de mejoramiento para el desarrollo de materiales resistentes a la sequía. Otra línea que no debe incluirse en estos programas es la CML247, debido a la susceptibilidad del material confirmado por sus efectos de aptitud combinatoria general positivos para ASI y negativos para número de mazorcas por planta.

La crucea con los valores mas altos para los efectos de aptitud combinatoria especifica fue la (LE21xLSH20), cuyos efectos de (sij) se deben más a la heterosis que a los efectos de aptitud combinatoria general de las líneas.

El efecto de la interacción genotipo ambiente en las cruza del dialélico fue altamente significativo, por lo que es importante contar con parámetros de estabilidad que permitan seleccionar las mejores cruza en cuanto al rendimiento y estabilidad genética.

Las cruza mas estables y consistentes de acuerdo a la clasificación de Carballo y Márquez (1970) fueron diez: (LSH1 x CML254), (LE25 x LSH17), (LSH20 x CML254), (LE25 x LSH1), (LE25 x LSH20), (LSH17 x LSH36), (LSH36 x CML254), (LSH1 x LSH17), (LE25 x L56), (LSH17 x L56), las cuales pueden recomendarse en ambientes que presenten algún grado de estrés.

Las líneas que aportaron mayor porcentaje de cruza al grupo de alto rendimiento de grano y estables fueron: la LSH1, LSH17 y la CML254, todas ellas tolerantes a la sequía. Las líneas resistentes LSH297 y la LSH20 aportaron un número intermedio de cruza al grupo antes mencionado.

La correlación positiva entre la media de rendimiento y el coeficiente de regresión de las cruza reportada previamente por Fripp y Caten (1993) y Langer *et al* (1979), no desapareció al evaluar las cruza con líneas de maíz resistentes y tolerantes a la sequía a través de las ocho localidades, aunque hubo una tendencia importante a la reducción de dicha correlación conforme aumentó el grado de resistencia en las líneas.

La media de rendimiento de grano estuvo correlacionada en forma negativa con el ASI y en forma positiva con el número de mazorcas por planta, ambas en forma altamente significativa. confirmando lo encontrado previamente por Bolaños y Edmeades (1997).

La media del carácter ASI, (al igual que el rendimiento de grano con su coeficiente de regresión), estuvo correlacionada positivamente con el coeficiente de regresión para ASI, lo cual es favorable, ya que al seleccionar materiales con valores de ASI negativos, habrá mayor estabilidad y consistencia para este carácter.

La media del carácter número de mazorcas por planta no estuvo correlacionada con su coeficiente de regresión, por lo que es factible seleccionar genotipos con media alta de número de mazorcas por planta y estables con mayor probabilidad que en el caso de rendimiento.

De acuerdo a los resultados, los valores de ASI negativos y un mayor número de mazorcas por planta, son los caracteres que se deben utilizar para la selección de genotipos para rendimiento de grano en condiciones de estrés, sin dejar de evaluarlos en forma simultánea bajo condiciones favorables.

La ecovalencia de Wricke (W^2) por si sola no fue eficiente para detectar a los materiales mas estables en el caso de los caracteres rendimiento de grano, sincronía floral o ASI y número de mazorcas por planta, aunque si discriminó la consistencia de las cruzas evaluadas de acuerdo a la clasificación de Carballo y Márquez (1970).

El estadístico no paramétrico de Huhn (S^3) por si solo no fue eficiente para la selección de materiales estables en los tres caracteres antes mencionados.

El índice de estabilidad sugerido por Diallo *et al* (1997) permitió clasificar a los mejores materiales en cuanto a la media de rendimiento y la estabilidad de una manera medianamente eficiente, sin embargo, no tomó en cuenta la consistencia de los genotipos, por lo que se sugiere desarrollar otros índices mas eficientes.

El índice de estabilidad en el caso de los caracteres sincronía floral o ASI y número de mazorcas por planta a diferencia que con el rendimiento, permitió seleccionar aquellos materiales estables y consistentes dentro de cada carácter.

Las cruzas con ASI negativo que fueron estables y consistentes y que coincidieron con las estables y consistentes en el carácter rendimiento de grano fueron: (LSH1 x CML254), (LSH20 x CML254), (LE25 x LSH1), (LSH1 x LSH17), y (LE25 x L56) por lo que pueden utilizarse en aquellos ambientes que presenten algún tipo de condición adversa.

Las cruzas estables y consistentes para el carácter número de mazorcas por planta que coincidieron con las estables y consistentes en rendimiento y ASI negativo fueron: la (LSH1 x CML254), (LSH20 x CML254), (LE25 x LSH1) y la (LSH1 x LSH17), por lo que pueden recomendarse como las más estables y consistentes para los tres caracteres.

Las cruzas seleccionadas como las más estables mediante el índice de estabilidad para el carácter rendimiento fueron: la (LE25xLSH20), (LE25xL56), (LSH1xCML254) y la (LSH20xCML254), que coincidieron con el grupo de las diez estables y consistentes mediante el método de Eberhart y Russell (1966).

La crusa (LSH1xCML254) fue seleccionada por los métodos de: Eberhart y Russell (1966) como una de las de media más alta, estable y consistente, por el del índice de estabilidad para rendimiento y por el del índice de estabilidad para sincronía floral, por lo que se recomienda como una de las mejores cruzas.

Las cruzas (LSH1xLSH17) y la (LSH20xCML254) fueron seleccionadas por los métodos de: Eberhart y Russell (1966) como una de las de media más alta, estable y consistente y por el del índice de estabilidad para número de mazorcas por planta, por lo que se recomiendan junto con la anterior como el grupo de las mejores tres cruzas.

El mejor modelo de regresión que explicó el carácter rendimiento de grano en un 78% bajo condiciones de estrés incluyó a las variables número de mazorcas por planta al cuadrado, porcentaje de pudrición de mazorcas, días a floración masculina y altura de mazorca.

El mejor modelo de regresión que explicó el rendimiento de grano en un 82% bajo condiciones de no estrés, incluyó a las variables siguientes: número de mazorcas por planta, altura de planta, porcentaje de acame total, aspecto de mazorca y porcentaje de humedad.

El número de mazorcas por planta es el carácter que aparece en ambos modelos, manifestando su importancia en la selección de rendimiento tanto en condiciones de estrés como bajo condiciones favorables.

El carácter sincronía floral o ASI a diferencia de lo reportado por Bolaños y Edmeades (1997), no formó parte de ninguno de los dos modelos de regresión.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bassetti, P., And M.E. Westgate. 1993. Water deficit affects receptivity of maize silks. *Crop Sci.* 33:279-282.

Banzinger, M., and H.R. Laffite. 1997. Breeding tropical maize for low N environments: II the value of secondary traits for improving selection gains under low N. *Crop Science* (In press).

Beck, D., J. Betrán, M. Bazinger, G. Edmeades, J.M. Ribaut, M. Willcox, S.K. Vasal, and A. Ortega. 1998. Progress in developing drought and low soil nitrogen tolerance in maize. 51st Proc Annu. Corn Sorghum Ind Res Conf 51:85-113.

Beck, D., J. Betrán, G. Edmeades, S.K. Vasal, F. San Vicente, A. Elings y M. Barandiaran. 1997. Desarrollo de híbridos y líneas tropicales, tolerantes a sequía y bajo nitrógeno en CIMMYT. México. Monteiria Colombia.

Betrán, J. D. Beck, G. Edmeades, J.M. Ribaut, M. Bazinger y C. Sanchez. 1997. Análisis genético de la tolerancia a estrés abióticos en híbridos de maíz (*Zea mays*. L) tropical blanco tardío. PCCMCA Panamá.

Bolaños, J., and G.O. Edmeades. 1993a. Eighth cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in yield, biomass and radiation utilization. *Field Crops Res.* 31:233-252.

Bolaños, J., and G.O. Edmeades. 1993 b. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Crops Res.* 31:253-258.

Bolaños, J., G.O. Edmeades, and L. Martínez. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. III. Responses in drought- adaptive physiological and morphological traits. *Field Crops Res.* 31: 269-286.

Bolaños, J., and G.O. Edmeades. 1997. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance. In tropical maize. In G.O. Edmeades, M. Banzinger, H.R. Mickelson, and C.B. Peña-Valdivia, (eds.). 1997. *Developing Drought-and low N-Tolerant Maize. Proceedings of a Symposium, March 25-29, 1996.* CIMMYT, El Batán, Mexico. Mexico, D.F. CIMMYT.

Boyle, M.G., J.S. Boyer, and P.W. Morgan. 1991. Stem infusion of liquid culture medium prevents reproductive failure of maize at low water potential. *Crop Sci.* 31:1246-1252.

Byrne, P.F., J. Bolaños, G.O. Edmeades, and D.L. Eaton. 1995. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. *Crop Sci.* 35:63-69.

Carballo C. A., y F. Márquez Sánchez. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5:129-146.

Cockerham, C.C. 1963. Estimation of genetic variances. In: *Statistical Genetics and Plant Breeding.* NAS-NRS publicatons 982: 225-252.

Crossa, J., and G.O. Edmeades. 1997. The alpha lattice design in plant breeding and agronomy: generation and analysis. In tropical maize. In G.O. Edmeades, M. Banzinger, H.R. Mickelson, and C.B. Peña-Valdivia, (eds.). 1997. *Developing Drought-and low N-Tolerant Maize. Proceedings of a Symposium, March 25-29, 1996,* CIMMYT, El Batán, Mexico. Mexico, D.F. CIMMYT.

Diallo, A.O., A.Adam, R.K. Akauvon, and P.Y.K. Sallah. 1997. Response of S4 maize lines evaluated under stress and non-stress environments. Developing Drought-and Low N-Tolerant Maize. Proceedings of a Symposium. CIMMYT El Batan Mexico.

Eckhardt, R.C. 1951. Prediction yields of missing single crosses of corn. *Agron. Journal*.

Eberhart, S.A., and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.

Edmeades, G.O., M. Banziger, S.C. Chapman, J.M. Ribaut, and J. Bolaños. 1995. Recent advances in breeding for drought tolerance in maize. West and Central Africa Regional Maize and Cassava Workshop. Cotonou, Benin Republic.

Edmeades G.O., and J. Bolaños. 1997. Value of secondary traits in selecting for drought tolerance in tropical maize. In tropical maize. In G.O. Edmeades, M. Banzinger, H.R. Mickelson, and C.B. Peña-Valdivia, (eds.). 1997. Developing Drought-and low N-Tolerant Maize. Proceedings of a Symposium, March 25-29, 1996, CIMMYT, El Batan. Mexico. Mexico, D.F. CIMMYT.

Edmeades G.O., and M. Banzinger, M. Cortes C. 1997. From stress tolerant populations to hybrids: the role of source germplasm. In tropical maize. In G.O. Edmeades, M. Banzinger, H.R. Mickelson, and C.B. Peña-Valdivia, (eds.). 1997. Developing Drought-and low N-Tolerant Maize. Proceedings of a Symposium, March 25-29, 1996, CIMMYT, El Batan, Mexico. Mexico, D.F. CIMMYT.

Finlay, K.W., and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. Jour. Agric. Res.* 14:742-754.

Fripp, I.J., and C.E. Caten. 1973. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune*. III The relationship between mean expression and sensitivity to change in

Hi enviroment. *Heredity* 30: 341-349.

se

García Vázquez. M.A. 1997. Estimación del potencial de rendimiento de líneas resistentes a sequía del CIMMYT. en cruzamientos con diferentes probadores. In G.O. Edmeades. M. Bazinger, H.R. Mickelson, and C.B. Peña-Valdivia, (eds.). 1997. *Developing Drought-and low N-Tolerant Maize. Proceedigs of a Symposium, March 25-29, 1996. CIMMYT. El Batan, Mexico. Mexico. D.F. CIMMYT.*

Ji

vi Griffing, B.. 1956. A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* 10: 31-50.

K

Griffing, B.. 1958. Application of sampling variables in the identification of methods which yield unbiased estimates of genotypic variance components. *Australian J.. Biol. Sci.* 11: 219-245.

L

re

L. Herrero, M.P., and R.R. Johnson. 1981. Drought stress and its effect on maize reproductive systems. *Crop Sci.* 21:105-110.

N

E Hayman, B.I.1954. The theory and analysis of diallel tables. *Genetics* 39: 789-809.

N

E

Hayman, B.I.1957. Interaction, heterosis and diallel crosses. *Genetics* 42: 336-355.

Hayman, B.I. 1958. The theory and analysis of diallel tables. II. *Genetics* 43: 63-85.

N

E

Hayman, B.I. 1960. The theory and analysis of diallel crosses iii. *Genetics* 45: 155-172.

N

ii

Hinkelmann. K. 1977. Diallel and Multi-Cross Designs: ¿ What do they Achieve? *Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics. Iowa St. Univ. Press* pp 659-676.

- Honson, A.D. y C.E. Nelsen. 1990. Agua: Adaptación de los cultivos en gradientes de sequía. Biología de la productividad de cultivos. AGT Editor S.A. México.
- Huhn, M. 1979. Beitrage zur Erfassung dek phanotypischen Stabilita. I. Vorschlag einiger anj Ranginformationen beruhenden skabilitatsparameter. EDP Medicine and Biology 10:112-119.
- Jinks, J.L. 1954. The analysis of continuos variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. Genetics 39: 767-788.
- Kempthorne, O. 1956. The theory of the diallel cross. Genetics 41:451-459.
- Langer, I. K.J. Frey. and T. Bailey. 1979. Associations among productivity, production response, and stability indices in oat varieties. Euphytica 28:17-24.
- Levitt, J. 1972. Responses of plants to enviromental stress. Academic Press. N.Y.
- Márquez, S.F., 1988. Genotécnia Vegetal, Métodos, Teoria, Resultados, Tomo II. AGT Editor, S.A. México D.F.
- Márquez, S.F., 1991. Genotécnia Vegetal, Métodos, Teoria, Resultados, Tomo III. AGT Editor, S.A. México D.F.
- Martinez, A.M. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Colegio de postgraduados Centro de Estadística y Cálculo. Chapingo Estado de México.
- Matzinger, D. F., and O. Kempthorne, 1956. The modified diallel table with partial inbreeding and interactions with enviroment. Genetics 41: 822-833.

Molina Galan, J.D. 1992. *Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (algunas implicaciones en genotécnia)*. Máxico AGT Editor. S.A. pp XVI+349 pp.

Ouattar, S., R.J. Jones, and R.K. Crookston. 1987. Effect of water defficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Sci.* 27:726-730.

Paterson, H.D., and E.R. Williams. 1976. A new class of resolutive block design. *Biometrika* 63:83-92.

Rosielle, A.A., and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 21:943-946.

Shaffer, H.E., and Usanis, R.A. 1969. General least squares analysis of diallel experiments. A computer program-DIALL. Genetics Departamen Research Report Number 1. North Caroline State University, Raleigh, N.C.

Schussler, J.R., and M.E. Westgate. 1991. Maize Kernel set at low water potential: I sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. *Crop Sci.* 31:1189-1195.

Sprague, G. F., and L. A. Tatum, 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Jour. Amer. Soc. of Agron.* 34:923-930.

Vasal, S.K., H. Cordova, D.L. Beck, and G.O. Edmeades. 1997. Choices among breeding procedures and strategies for developing stress tolerant maize germplasm. *Developing Drought-and Low N- Tolerant Maize. Developing Drought-and low N-Tolerant Maize. Proceedígs of a Symposium, March 25-29, 1996, CIMMYT, El Batan, Mexico. Mexico, D.F. CIMMYT.*

Westgate, M.E. 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. *Crop Sci.* 34:76-83.

Westgate, M.E., and J.S. Boyer. 1985. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potential in maize. *Crop Sci.* 25:726-769.

Westgate, M.E., and J.S. Boyer. 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Sci.* 26:951-956.

Wricke, G. 1960. Einige Betrachtungen zur ökologischen Streubreite und der Möglichkeit ihrer exakten Erfassung in Feldversuchen. *Rundschr 2 Arb.-Gem. Biometric index DLG- Pflunzen-zuchtabteilg* 1:1-5.

7.APENDICE

Cuadro 1 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Ameca Jal., P-V 1997 condiciones normales.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	RGR	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM
REPETICIONES	1	1.94 NS	0.249 NS	111.29 **	0.00002 NS	75.5 **
CRUZAS	65	3.242 **	19.24 **	35.18 **	0.036 **	13.75 **
ACG	11	5.271 **	13.35 **	50.76 **	0.094 **	24.22 **
ACE	54	2.828 NS	20.44 **	32.00 *	0.024 *	11.62 *
ERROR	65	1.2328	2.747	10.18	0.0099	5.80
ACG/ACE		1.86	0.65	1.59	3.92	2.08
C.V.		15.63	237.71	82.51	8.94	168.71
MEDIA		7.10	0.70	3.87	1.11	1.43

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 2 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Cotaxtla Ver., P-V 1997 condiciones normales.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	RGR	DFM	DFF	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
REPETICIONES	1	2.474 *	0.0001 NS	0.030 NS	0.030 NS	0.0027 NS	0.00007 NS	0.00002 NS	123.29 NS	0.239 NS	0.005 NS	22.69 NS	77.57 *
CRUZAS	65	4.37 **	12.35 **	14.92 **	1.265 **	803.4 **	246.1 **	0.004 **	143.1 **	49.9 **	0.032 **	195.8 **	10.30 **
ACG	11	13.50 **	20.93 **	25.40 **	2.989 **	802.7 **	244.4 **	0.010 **	307.9 **	135.2 **	0.124 **	593.6 **	36.65 **
ACE	54	2.511 **	10.62 **	12.79 **	0.9136 *	803.6 **	246.5 **	0.002 *	109.6 NS	32.59 NS	0.014 NS	114.8 **	4.93 **
ERROR	65	0.6039	0.5077	0.4918	0.5688	0.0286	0.0124	0.0016	90.23	18.74	0.0075	32.28	2.636
ACG/ACE		5.38	1.97	1.99	3.27	0.99	0.99	5.00	2.81	4.15	8.86	5.17	7.43
C.V.		10.18	1.33	1.33	98.56	3.22	3.65	6.53	105.23	108.10	8.87	39.58	6.85
MEDIA		7.63	53.43	52.67	-0.76	204	171	0.60	9.03	4.00	0.97	14.35	23.70

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 3 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Poza Rica Ver., P-V 1997 condiciones normales.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	RGR	DFM	DFP	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
REPETICIONES	1	0.068 NS	1.091 NS	2.189 NS	0.184 NS	356.73 NS	150.61 NS	0.0002 NS	321.57 NS	2.711 NS	0.00002 NS	171.99 NS	8.05 NS
CRUZAS	65	2.67 **	8.335 **	10.871 **	2.019 **	434.6 **	227.2 **	0.003 **	1038.8 **	7.15 NS	0.016 **	355.9 **	6.681 **
ACG	11	5.59 **	21.797 **	29.323 **	2.290 *	1419.3 **	790.9 **	0.008 **	3072.2 **	12.12 NS	0.045 **	1134.0 **	16.168 **
ACE	54	2.08 **	5.593 **	7.112 **	1.965 **	234.0 NS	112.3 NS	0.002 NS	624.6 NS	6.13 NS	0.010 NS	197.5 **	4.748 **
ERROR	65	0.6894	1.3063	1.8971	1.0202	128.488 7	88.8444	0.0011	176.30	9.444	0.0047	80.41	1.3980
ACG/ACE		2.69	3.90	4.12	1.16	6.06	7.04	4.00	4.92	1.98	4.50	5.74	3.40
C.V.		12.99	1.92	2.34	175.43	5.22	8.43	6.53	28.00	256.98	7.31	54.31	4.46
MEDIA		6.39	59.39	58.81	-0.58	217.02	111.84	0.51	47.41	1.19	0.93	16.51	26.50

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 4 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Tlaltizapan, Mor., P-V 1997 condiciones normales.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	RGR	DFM	DFP	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
REPETICIONES	1	7.22 *	0.917 NS	7.76 *	3.341 NS	83.52 NS	0.757 NS	0.0004 NS	497.82 *	0.379 NS	0.0029 NS	92.73 NS	0.013 NS
CRUZAS	65	6.135 **	6.386 **	8.929 **	1.716 NS	561.45 **	322.4 **	0.003 **	226.56 **	5.328 NS	0.038 **	334.97 **	12.713 **
ACG	11	22.317 **	17.252 **	30.933 **	4.194 **	2187.3 **	1290.5 **	0.011 **	662.33 **	4.579 NS	0.130 **	968.36 **	52.165 **
ACE	54	2.839 **	4.173 **	4.447 **	1.211 NS	230.26 **	125.23 **	0.001 NS	137.787 *	5.481 NS	0.049 *	205.94 **	4.677 NS
ERROR	65	1.3959	1.0244	1.342	1.218	105.507 3	61.8345	0.0006	87.4511	5.624	0.0124	110.119 1	3.652
ACG/ACE		7.86	4.13	6.95	3.46	9.50	10.30	11.00	4.81	0.83	2.65	4.70	11.15
C.V.		11.71	1.53	1.74	196.85	4.48	6.05	4.51	141.52	471.65	9.20	55.80	8.51
MEDIA		8.75	66.14	66.70	0.56	229.02	130.04	0.57	6.79	0.52	1.08	14.69	22.46

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 5 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Tlaltizapan, Mor., O-I (97-98) condiciones riego.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	RGR	DFM	DFF	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
REPETICIONES	1	6.48 **	0.0001 NS	6.37 NS	6.37 *	0.1212 NS	35.03 NS	0.0013 NS	42.61 *	0.067 **	0.626 NS	72.91 *
CRUZAS	65	4.390 **	94.99 **	113.37**	6.14**	579.6**	298.6**	0.003**	6.459NS	0.046**	59.43**	44.21
ACG	11	15.155**	237.82**	318.98**	23.83**	2141.1**	1087.6**	0.009 **	6.189NS	0.171**	180.38**	195.35**
ACE	54	2.198**	65.90**	71.48**	2.54**	261.5**	138.0**	0.002NS	6.514NS	0.021**	34.79NS	13.42NS
ERROR	65	0.6088	1.6000	1.7250	1.0327	99.8904	65.461	0.0014	6.428	0.0037	20.68	9.5297
ACG/ACE		6.89	3.61	4.46	9.38	8.19	7.88	4.50	0.95	8.14	5.18	14.56
C.V.		8.86	1.17	1.20	82.80	4.44	6.35	6.79	402.25	5.49	139.88	11.68
MEDIA		8.80	107.87	109.10	1.23	225.28	127.31	0.56	0.63	1.10	3.25	26.43

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 6 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Poza rica, Ver., P-V 1997 condiciones de bajo Nitrógeno.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	RGR	DFM	DFF	ASI	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
REPETICIONES	2	36.28 **	9.596 *	212.86 **	167.00 **	10058.1 5**	55.12 NS	0.263 **	3057.52 **	0.071 NS
CRUZAS	65	6.031 **	16.087**	47.32**	17.224**	1666. **	45.15**	0.141**	1065.6*	5.902**
ACG	11	5.841NS	40.250**	135.10**	39.383**	3563.7**	135.39**	0.404**	1429 NS	8.847**
ACE	54	6.069*	11.165**	29.436**	12.71NS	1288 NS	26.77NS	0.087*	991.5 NS	6.303**
ERROR	112	4.2620	2.7242	16.0944	11.118	1232.86 1	23.7098	0.0566	986.957 2	1.0344
ACG/ACE		0.96	3.60	4.59	3.10	2.78	5.06	4.64	1.44	1.40
C.V.		36.97	2.72	6.37	147.86	24.58	209.93	12.83	52.45	7.30
MEDIA		2.52	60.57	62.93	2.25	63.78	2.18	0.64	51.84	13.93

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 7 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Obregón, Son., P-V 1997 condiciones estrés de calor.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	RGR	DFM	DFF	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	MZPP	PUDM	HUM
REPETICIONES	1	0.305 NS	3.67 NS	1.48 NS	0.485 NS	118.37 NS	288.07 *	0.003 NS	1615.81 **	0.046 NS	53.45 NS	7.75 *
CRUZAS	65	1.179 **	13.310**	11.957**	1.412**	146.62**	166.59**	0.003**	94.08**	0.039**	59.03NS	3.337**
ACG	11	2.188**	40.348**	34.751**	4.035**	486.37**	537.98**	0.007**	204.20**	0.087**	107.01**	4.577**
ACE	54	0.973**	7.803**	7.313**	0.877NS	77.406*	90.941*	0.002**	71.64NS	0.030NS	49.26NS	3.085**
ERROR	65	0.4165	2.0974	2.1156	0.7618	7.065	53.8374	0.0011	66.646	0.0203	40.5886	1.2037
ACG/ACE		2.25	5.17	4.75	4.60	6.28	5.92	3.5	2.85	2.90	2.17	1.48
C.V.		16.23	2.44	2.43	135.54	3.99	6.77	5.51	78.52	12.99	102.10	7.43
MEDIA		3.67	59.28	59.93	0.644	176.86	108.32	0.61	8.58	1.03	6.13	14.75

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 8 A Cuadrados medios del análisis del dialélico para rendimiento y caracteres agronómicos Tlaltizapan, Mor., O-I (97-98) condiciones sequía intermedia.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	RGR	DFM	DFF	ASI	APL	AMAZ	AMAZ APL	ACAR	ACAT	MZPP	PUDM	HUM
REPETICIONES	1	4.683 **	1.091 NS	3.34 NS	8.25 *	6.37 NS	276.37 **	0.007 **	395.49 NS	50.53 NS	0.038 *	56.17 NS	0.0012 NS
CRUZAS	65	1.464 **	58.00 **	103.75**	7.137 **	398.8**	205.57**	0.002**	205.8 NS	158.75**	0.019**	84.88**	51.19**
ACG	11	4.968**	202.38**	284.97**	24.094**	1217.2**	577.34**	0.007**	427.65**	397.87**	0.059**	199.56**	226.41**
ACE	54	0.750 *	62.64**	66.84**	3.682**	232.1**	129.84**	0.001NS	160.6 NS	110.0 NS	0.011 *	61.52**	15.50NS
ERROR	65	0.1358	1.3063	2.2024	1.665	72.4174	54.8635	0.0008	183.57	70.94	0.0047	17.784	10.3414
ACG/ACE		6.62	3.23	4.26	6.54	5.24	4.45	7.00	2.66	3.62	5.36	3.24	14.61
C.V.		7.91	1.072	1.36	58.74	3.35	6.37	5.23	181.54	150.71	6.86	111.26	17.15
MEDIA		4.65	106.65	108.78	2.20	195.67	110.08	0.56	7.46	5.59	1.00	3.79	18.75

** significativo al 1%, * Significativo al 5%, NS No significativo

Cuadro 9 A Efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento, por localidad

LINEA	LOCALIDAD							
	AMECA	COT	3T	4T	5R	6B	7SC	8SI
1	-0.9397	-0.6813	-0.8000	-1.0005	0.6273	0.1255	0.1247	0.6793
2	-0.1217	0.5197	0.2560	-0.9685	0.0143	0.2025	0.2057	0.1643
3	-0.3857	-1.5323	-0.3380	-1.8865	-1.6357	-0.3715	-0.3293	-1.1267
4	0.0483	0.1447	-0.2550	0.7955	0.8353	0.7085	0.0197	0.4703
5	0.1643	-0.0993	-0.0370	1.1915	0.2183	-0.1225	0.0907	0.0023
6	0.1713	0.5387	0.4120	0.0135	0.3423	-0.0785	-0.2263	-0.0157
7	0.7203	-0.5733	-0.2670	0.1105	-0.7067	-0.2725	-0.2123	-0.4277
8	0.9503	0.5647	0.2790	1.8015	1.6493	-0.4305	-0.3663	0.5753
9	-0.0697	0.2017	-0.3130	-0.3205	0.3813	-0.0985	-0.4643	0.1163
10	0.4303	0.6207	0.1850	-0.6525	-0.5827	0.3045	0.4397	-0.1377
11	-0.5737	1.3817	1.1710	1.0275	-0.3537	-0.3965	0.6087	-0.0117
12	-0.3947	-1.0853	-0.2930	-0.1115	-0.7897	0.4295	0.1097	-0.2887

Cuadro 10 A Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor masculina, por localidad

LINEA	LOCALIDAD						
	COT	3T	4T	5R	6B	7SC	8SI
1	-1.4000	-1.0333	0.8833	-5.9500	-1.3667	-0.9167	-5.8500
2	-1.7000	-2.1333	-1.5167	-6.4500	-2.3667	-3.0167	-5.6500
3	-0.4000	-0.0333	1.3833	-0.0500	0.7333	0.1833	-0.4500
4	0.9000	0.0667	-1.4167	-0.1500	-0.1667	-0.7167	0.2500
5	1.2000	1.0667	-0.4167	3.1500	0.8333	1.5833	2.4500
6	-0.2000	-0.4333	0.6833	1.6500	-0.0667	-0.5167	0.8500
7	-0.4000	-0.1333	-0.3167	2.3500	-0.1667	-0.8167	2.3500
8	1.0000	1.4667	0.5833	1.4500	0.9333	2.2833	1.7500
9	-0.7000	-0.1333	-0.9167	-1.5500	0.4333	-0.3167	-1.0500
10	-0.2000	-1.1333	0.1833	-0.7500	-0.9667	-0.8167	-0.4500
11	0.3000	0.5667	0.3833	4.2500	0.9333	1.3833	3.8500
12	1.6000	1.8667	0.4833	2.0500	1.2333	1.6833	1.9500

Cuadro 11 A Efectos de aptitud combinatoria general para días a flor femenina, por localidad

LINEA	LOCALIDAD						
	COT	3T	4T	5R	6B	7SC	8SI
1	-1.3000	-0.7500	0.9500	-6.9833	-2.1500	-0.6167	-6.8667
2	-1.8000	-2.4500	-1.2500	-6.8833	-3.1500	-2.5167	-5.9667
3	0.3000	0.5500	2.5500	0.9167	2.4500	0.7833	1.1333
4	0.5000	-0.3500	-2.1500	-1.2833	-1.0500	-0.9167	-1.4667
5	1.1000	1.5500	-0.1500	3.1167	0.9500	1.3833	2.5333
6	-0.9000	-0.8500	0.3500	0.1167	-0.6500	-1.1167	0.1333
7	-0.8000	-0.1500	-0.6500	4.4167	0.6500	-1.2167	3.8333
8	0.8000	1.4500	0.7500	1.0167	1.8500	1.5833	0.9333
9	-0.6000	-0.1500	-1.3500	-2.0833	-0.3500	0.2833	-2.0667
10	0.2000	-1.2500	-0.1500	-1.1833	-1.0500	-0.5167	-0.7667
11	0.5000	0.5500	0.9500	4.9167	1.3500	1.2833	4.7333
12	2.0000	1.8500	0.1500	3.9167	1.1500	1.5833	3.8333

Cuadro 12 A Efectos de aptitud combinatoria general para ASI, por localidad

LINEA	LOCALIDAD						
	COT	3T	4T	5R	6B	7SC	8SI
1	0.1417	0.0833	0.1733	-6.9833	-1.2333	0.1417	-0.8517
2	-0.3583	-0.3667	0.1933	-6.8833	-0.7733	0.3917	-0.2517
3	0.7417	0.7333	1.0933	0.9167	1.8367	0.6917	1.4783
4	-0.3583	-0.3167	-0.7267	-1.2833	-0.8433	-0.2583	-1.6717
5	0.0417	0.3833	0.1933	3.1167	0.0867	-0.0583	0.2283
6	-0.5083	-0.4667	-0.2967	0.1167	-0.5633	-0.5083	-0.8317
7	-0.4083	-0.0167	-0.2867	4.4167	0.9767	-0.5083	1.4283
8	-0.2583	0.1833	0.0433	1.0167	0.6867	-0.7083	-0.6917
9	0.0917	-0.2167	-0.4067	-2.0833	-0.4333	0.5917	-0.9617
10	0.3917	-0.0167	-0.3367	-1.1833	-0.1633	0.3417	-0.4017
11	0.0917	-0.1167	0.2933	4.9167	0.3067	-0.1083	0.8083
12	0.3917	0.1333	0.0633	3.9167	0.1167	-0.0083	1.7183

Cuadro 13 A Efectos de aptitud combinatoria general para altura de planta, por localidad

LINEA	LOCALIDAD					
	COT	3T	4T	5R	6B	8SI
1	-9.2667	-9.0500	-19.4000	-15.3167	-4.0000	-11.5667
2	16.5333	18.1500	-0.9000	3.8833	5.7000	1.2333
3	-3.0667	-0.1500	-8.0000	-4.5167	-0.8000	-4.1667
4	5.0333	-7.6500	-2.3000	-0.9167	-4.5000	-1.8667
5	-7.4667	-7.8500	-0.8000	5.0833	-6.6000	-5.3667
6	1.4333	6.6500	10.7000	11.0833	1.2000	12.6333
7	1.5333	0.0500	5.6000	3.1833	-4.8000	3.9333
8	4.6333	3.4500	14.1000	14.1833	5.0000	8.3333
9	-0.1667	1.1500	2.3000	0.3833	1.4000	-4.6667
10	2.9333	1.9500	2.3000	-1.7167	1.3000	1.1333
11	13.0333	6.0500	10.9000	1.2833	8.5000	7.5333
12	-25.1667	-12.7500	-14.5000	-16.6167	-2.4000	-7.1667

Cuadro 14 A Efectos de aptitud combinatoria general para altura de mazorca, por localidad

LINEA	LOCALIDAD					
	COT	3T	4T	5R	6B	8SI
1	-4.4167	-3.5500	-6.0667	-8.9500	-0.4000	-6.4333
2	14.5833	8.9500	5.1333	3.9500	4.1000	6.1667
3	-8.3167	-6.1500	-7.1667	-7.3500	-1.9000	-7.3333
4	0.0833	-6.6500	-5.0667	-3.0500	-2.4000	0.3667
5	-14.7167	-12.2500	-13.1667	-3.3500	-10.6000	-7.2333
6	-0.9167	0.2500	3.6333	10.6500	-1.9000	8.8667
7	-4.0167	1.4500	1.6333	-5.2500	-4.6000	-2.6333
8	6.5833	4.8500	9.5333	8.3500	0.1000	1.9667
9	3.3833	6.7500	9.0333	5.9500	6.8000	3.7667
10	7.8833	3.8500	3.4333	-1.5500	3.0000	0.6667
11	18.4833	5.7500	8.3333	10.4500	8.6000	6.9667
12	-18.6167	-3.2500	-9.2667	-9.8500	-0.8000	-5.1333

Cuadro 15 A Efectos de aptitud combinatoria general para altura de mazorca/altura planta, por localidad

LINEA	LOCALIDAD					
	COT	3T	4T	5R	6B	8SI
1	0.0053	0.0085	0.0222	-0.0040	0.0103	0.0008
2	0.0153	0.0005	0.0252	0.0080	0.0033	0.0278
3	-0.0237	-0.0285	-0.0128	-0.0210	-0.0077	-0.0262
4	-0.0097	-0.0145	-0.0168	-0.0120	-0.0027	0.0058
5	-0.0377	-0.0395	-0.0548	-0.0260	-0.0347	-0.0222
6	-0.0067	-0.0155	-0.0068	0.0210	-0.0147	0.0088
7	-0.0187	0.0065	-0.0068	-0.0300	-0.0087	-0.0222
8	0.0143	0.0115	0.0062	0.0030	-0.0157	-0.0112
9	0.0143	0.0305	0.0322	0.0230	0.0353	0.0328
10	0.0223	0.0135	0.0072	-0.0030	0.0143	-0.0002
11	0.0393	0.0105	0.0092	0.0440	0.0173	0.0128
12	-0.0147	0.0165	-0.0038	-0.0030	0.0033	-0.0072

Cuadro 16 A Efectos de aptitud combinatoria general para acame de raíz, por localidad

LINEA	LOCALIDAD					
	COT	3T	4T	5R	6B	8SI
1	1.8500	10.2367	1.8000	0.4200	-1.3850	6.7567
2	1.5900	8.3567	-3.1600	-0.0500	-5.7350	0.8767
3	-2.3800	-18.1233	3.3400	-0.0500	-9.5750	-1.1433
4	3.2600	0.8967	-0.5800	-0.0800	-7.1750	-4.1433
5	-3.2000	-13.1633	-6.2100	-0.0800	-1.0350	-0.8033
6	-6.9400	-3.7433	1.9900	-0.0800	1.2650	-5.7533
7	4.6000	13.2167	-2.8700	0.3400	-2.3950	-6.1133
8	4.4400	6.3167	1.9400	-0.0900	-4.0050	0.0167
9	3.7500	11.9267	15.1000	-0.0800	23.5250	-5.2633
10	-3.4300	3.4767	-3.3100	-0.0900	7.2750	6.0567
11	-4.0900	-21.4533	-6.6300	-0.0800	-7.1350	0.6267
12	0.5500	2.0567	-1.4100	-0.0800	6.3750	8.8867

Cuadro 17 A Efectos de aptitud combinatoria general para acame de tallo, por localidad

LINEA	COT	LOCALIDAD				
		3T	4T	5R	6B	8SI
1	3.4883	2.1983	0.2683	0.2717	5.8983	8.0967
2	-0.8517	0.1283	0.8983	-0.7083	1.8983	-2.6233
3	-1.6117	-0.1817	-0.0117	-0.0383	-1.2417	8.1367
4	1.0683	-0.2317	0.1283	-0.2283	0.4283	-1.1733
5	-1.0017	0.2783	-0.5717	0.1917	-1.1317	-4.5033
6	-2.4717	-0.5517	-0.1517	1.0217	-1.8817	-0.6733
7	1.6683	-0.4117	0.7583	-0.2283	-1.5317	-5.3333
8	4.9883	0.0583	-0.5717	-0.7283	-0.3517	-2.8133
9	-2.1817	-0.9917	-0.1517	0.1817	-1.0617	1.3367
10	0.0183	-0.2617	-0.1517	0.7217	-0.0417	2.3967
11	-1.9317	0.0183	-0.5717	-0.6483	-0.6717	-3.6733
12	-1.1817	-0.0517	0.1283	0.1917	-0.3117	0.8267

Cuadro 18 A Efectos de aptitud combinatoria general para número de mazorcas por planta, por localidad

LINEA	COT	LOCALIDAD				
		3T	4T	5R	6B	8SI
1	0.0618	2.1983	0.0240	0.1972	0.1717	0.1210
2	-0.0242	0.1283	-0.0310	-0.0088	0.1417	-0.0080
3	-0.1602	-0.1817	-0.0800	-0.0908	-0.1683	-0.0650
4	0.0488	-0.2317	0.0160	-0.0408	0.0517	0.0100
5	0.0278	0.2783	0.0740	0.0532	0.0517	0.0190
6	-0.0152	-0.5517	-0.0390	0.0122	0.0217	0.0170
7	-0.0622	-0.4117	-0.0250	-0.0698	-0.0983	-0.0450
8	0.0698	0.0583	0.1940	0.1252	-0.1583	0.0830
9	0.0228	-0.9917	-0.0440	-0.0518	-0.0583	-0.0090
10	-0.0112	-0.2617	-0.1050	-0.0828	-0.0083	-0.0430
11	0.1298	0.0183	0.0750	0.0422	0.0517	-0.0280
12	-0.0882	-0.0517	-0.0590	-0.0848	0.0017	-0.0520

Cuadro 19 A Efectos de aptitud combinatoria general para pudrición de mazorcas, por localidad

LINEA	LOCALIDAD					
	COT	3T	4T	5R	6B	8SI
1	0.5700	1.2233	0.0240	-2.9583	5.7217	-3.0733
2	-2.5300	-1.9067	-0.0310	-2.4683	-7.8883	-2.2233
3	-0.2300	-1.7467	-0.0800	6.5317	-0.8183	1.0767
4	2.9300	6.5633	0.0160	0.8617	1.3017	-0.7033
5	-4.8500	-5.0467	0.0740	-2.4683	-4.9883	-1.4633
6	0.0600	-5.0867	-0.0390	0.8617	-2.9583	-1.6033
7	13.0100	12.7033	-0.0250	0.8917	14.0617	7.4867
8	3.2100	-2.4767	0.1940	-2.6283	4.9017	-0.0733
9	0.8900	13.8033	-0.0440	-0.3883	7.2917	-1.9533
10	-4.5500	-2.5467	-0.1050	-0.3683	6.0017	-0.2033
11	-9.2400	-12.1067	0.0750	-0.8083	-13.0483	-1.4133
12	0.7300	-3.3767	-0.0590	2.9417	-9.5783	4.1467

Cuadro 20 A Efectos de aptitud combinatoria general para % de humedad, por localidad

LINEA	LOCALIDAD					
	COT	3T	4T	5R	6B	8SI
1	-1.9300	1.2233	-1.2067	-1.6350	-0.0417	-4.1350
2	-0.1700	-1.9067	-0.3667	-4.6350	-0.1317	-1.7450
3	-0.9500	-1.7467	-0.0467	-3.1950	-0.0717	-1.9650
4	-0.7500	6.5633	-1.9267	0.0450	0.1483	0.5450
5	0.2700	-5.0467	0.1033	0.5950	0.5683	0.7850
6	0.6600	-5.0867	1.0533	0.6950	0.4383	-1.1350
7	0.1900	12.7033	-0.5667	3.6150	-0.5117	3.2850
8	-0.3500	-2.4767	-0.4967	1.2650	-0.2517	3.7850
9	-1.8100	13.8033	-2.1767	-3.8750	-0.6917	-6.3650
10	0.2200	-2.5467	-0.4167	-1.6650	-0.3917	-0.0050
11	2.7600	-12.1067	2.7233	5.8150	-0.1617	5.4650
12	1.8600	-3.3767	3.3233	2.9750	1.0983	1.4850

Cuadro 21 A Genealogías de las cruzas del diseño dialélico y testigos.

Entrada	Progenitor		Lineas		Entrada	Progenitor		Lineas	
	I	J				I	J		
1	1	2	LE21	LE25	36	4	10	LSH1	LSH36
2	1	3	LE21	LE22	37	4	11	LSH1	CML254
3	1	4	LE21	LSH1	38		12	LSH1	CML247
4	1	5	LE21	LSH17	39	5	6	LSH17	LSH20
5	1	6	LE21	LSH20	40	5	7	LSH17	LSH44
6	1	7	LE21	LSH44	41	5	8	LSH17	LSH297
7	1	8	LE21	LSH297	42	5	9	LSH17	L56
8	1	9	LE21	L56	43	5	10	LSH17	LSH36
9	1	10	LE21	LSH36	44	5	11	LSH17	CML254
10	1	11	LE21	CML254	45	5	12	LSH17	CML247
11	1	12	LE21	CML247	46	6	7	LSH20	LSH44
12	2	3	LE25	LE22	47	6	8	LSH20	LSH297
13	2	4	LE25	LSH1	48	6	9	LSH20	L56
14	2	5	LE25	LSH17	49	6	10	LSH20	LSH36
15	2	6	LE25	LSH20	50	6	11	LSH20	CML254
16	2	7	LE25	LSH44	51	6	12	LSH20	CML247
17	2	8	LE25	LSH297	52	7	8	LSH44	LSH297
18	2	9	LE25	L56	53	7	9	LSH44	L56
19	2	10	LE25	LSH36	54	7	10	LSH44	LSH36
20	2	11	LE25	CML254	55	7	11	LSH44	CML254
21	2	12	LE25	CML247	56	7	12	LSH44	CML247
22	3	4	LE22	LSH1	57	8	9	LSH297	L56
23	3	5	LE22	LSH17	58	8	10	LSH297	LSH36
24	3	6	LE22	LSH20	59	8	11	LSH297	CML254
25	3	7	LE22	LSH44	60	8	12	LSH297	CML247
26	3	8	LE22	LSH297	61	9	10	L56	LSH36
27	3	9	LE22	L56	62	9	11	L56	CML254
28	3	10	LE22	LSH36	63	9	12	L56	CML247
29	3	11	LE22	CML25464	64	10	11	LSH36	CML254
30	3	12	LE22	CML24765	65	10	12	LSH36	CML247
31	4	5	LSH1	LSH17	66	11	12	CML254	CML247
32	4	6	LSH1	LSH20	67	SPLC7F52-1-3-1-1-B x			CML254
33	4	7	LSH1	LSH44	68	SPLC7F254-1-2-3-2-1-B x			CML258
34	4	8	LSH1	LSH297	69	CL-02157 x			CML 48
35	4	9	LSH1	L56	70	CL-02162 x			CML 274